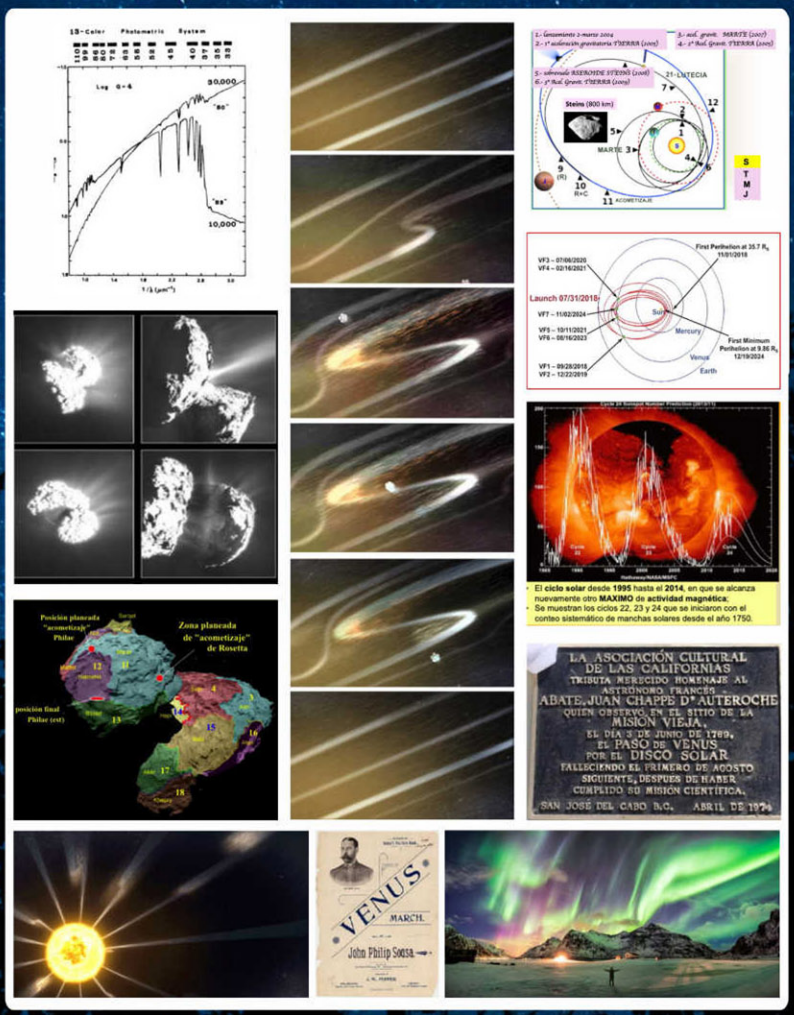
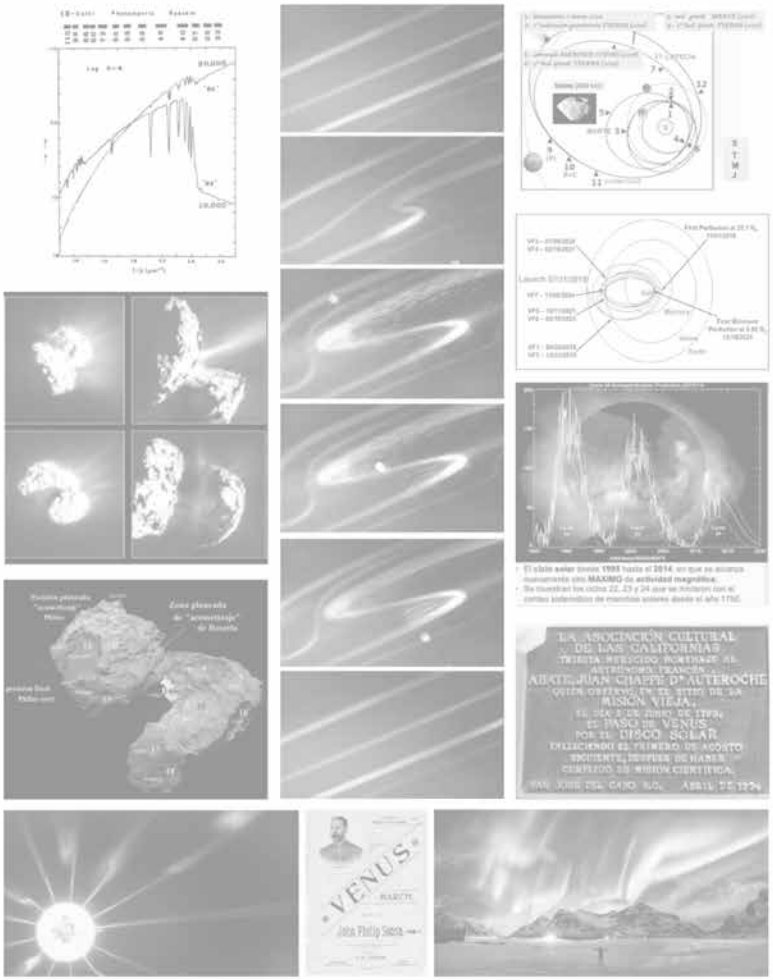
MIS APORTACIONES AL OAN-SPM



M.C. MANUEL ÁLVAREZ PÉREZ-DUARTE

MIS APORTACIONES AL OAN-SPM



M.C. MANUEL ÁLVAREZ PÉREZ-DUARTE

Mis aportaciones al OAN-SPM

Mi relato acerca de mis actividades y trabajo
en el Observatorio Astronómico Nacional
Instituto de Astronomía - Ensenada
Universidad Nacional Autónoma de México
en la Sierra de San Pedro Mártir,
Ensenada, Baja California.

M.C. Manuel Álvarez Pérez-Duarte
Ensenada, B.C.
México
2024

Mis aportaciones al OAN-SPM
Mi relato acerca de mis actividades y trabajo
en el Observatorio Astronómico Nacional
Instituto de Astronomía - Ensenada
Universidad Nacional Autónoma de México
en la Sierra de San Pedro Mártir,
Ensenada, Baja California.

M.C. Manuel Álvarez Pérez-Duarte

Primera edición: agosto de 2024

Mis aportaciones al OAN-SPM

Mi relato acerca de mis actividades y trabajo en
Observatorio Astronómico Nacional
Instituto de Astronomía - Ensenada
Universidad Nacional Autónoma de México
en la Sierra de San Pedro Mártir, Ensenada, Baja California

Mis-aportaciones-(2023)
Manuel Álvarez Pérez-Duarte (octubre 2023)

Ensenada, B.C.
México
2024

NUEVA. VERSIÓN. REVISADA
JULIO 2024

MI LLEGADA AL OAN - SPM

Mi primera experiencia en el Observatorio Astronómico Nacional en la Sierra de San Pedro Mártir, ocurrió el 28 de diciembre de 1968 (SI, el mero Día de los Inocentes) y aún continúo aquí en Baja California.

En ese momento el Director del Instituto de Astronomía y del Observatorio Astronómico Nacional era el **Dr. Arcadio Poveda** quien acababa de ser nombrado para ese puesto "vacante" por el **Rector Ing. Javier Barros Sierra**.

> Por el Movimiento Estudiantil del 1968, (brutalmente apagado por las autoridades mexicanas); prácticamente todos los directores de Institutos y Centros de Investigación de la UNAM, "habían renunciado" a sus puestos en apoyo al **Rector Ing. Javier Barros Sierra** quien se destacó por su actitud de apoyo al Movimiento Estudiantil. Por ello, el mencionado **Rector Barros Sierra** nombró al **Dr. Arcadio Poveda Ricalde** como nuevo Director del Instituto de Astronomía que seguía acéfalo. Una tarea por decir lo menos "difícil" para un astrofísico teórico como lo era el Dr. Poveda.

Llegué a este bello **bosque de montaña** con pinos oyamel, cuyas especies principales son el pino Jeffrey, el abeto blanco, el pino y el pino dulce de acuerdo a una descripción del Parque Nacional de San Pedro Mártir (Wikipedia / Q5617142 /

https://www.wikidata.org/wiki/Q5617142).

Los primeros "astrónomos" que llegaron en el verano de 1967, fueron el **Dr. Guillermo Haro**, director del Instituto en ese entonces, junto con el **Dr. Harold Johnson** de Arizona, pocos ***meses antes, habían llegado a la conclusión de que era "necesario" encontrar un "mejor" lugar para la instalación del Observatorio Astronómico Nacional que en esos momentos estaba en las afueras del poblado de Tonantzintla, Puebla, localizado en las "afueras" de la capital del Estado de Puebla.***

Debido a que las condiciones de ese observatorio eran ya totalmente "no aptas" para continuar haciendo "**astronomía observacional y teórica de calidad científica**", se había planteado trasladarlo a un "mejor" lugar.

A partir de un análisis de imágenes de satélites meteoro-lógicos se determinó que la parte **NOROESTE de México**, en las montañas al **norte de la península de Baja California** se tenían las condiciones climáticas buscadas, muy **SUPERIORES** a lo que era (y sigue siendo) la región del centro de México.

Como ya lo mencioné, los primeros en llegar a ese lugar en el verano de 1967, fueron el Dr. Haro, el Dr. Johnson (de Arizona) junto con el Dr. Eugenio Mendoza y unos "pioneros"; (astrónomos y estudiantes) quienes bajo el "liderazgo" del **Dr. Emmanuel Méndez Palma**, y los arriba mencionados, iniciaron mediciones climatológicas para "comprobar" lo que indicaban los satélites, con el fin de continuar haciendo "**astronomía observacional de calidad científica**".

Podemos mencionar a: **Jorge Ruiz**, **Luis Carrasco**, **Rafael Costero**, **Marco A. Moreno**, **Salvador González Bedolla**, **Roberto Ortega**, **José H. Peña Sanmartín**, **Rosario Peniche**, **Estela de Lara**, **Manuel Álvarez**, **Manuel Orona** y **Jorge Maisterrena**, entre otros de los que quizá nos estemos olvidando. Algunos de ellos continuaron sus trabajos en Astronomía; otros han cambiado de rumbo; algunos (pocos) nos abandonaron en nuestra terrenal estancia.

Pero trasladarse a ese lugar que sin duda estaba MUY LEJOS de cualquier lugar con "**síntomas de civilización**" no iba a ser una solución sencilla; se necesitaba de personas que aceptaran acoplarse a esa vida con situaciones difíciles (por decir lo menos) y que pudieran encontrar un "mínimo" de estímulos, tanto familiares como "académicos" para que pudieran desarrollar su vida futura.

Como digo arriba, mi formación universitaria como "Físico", especializado en la atmósfera solar, parecía no tener nada que ver con lo que podría significar el iniciar

esta operación en este lugar alejado de la civilización, aunque muy cerca de un "**Cielo claro, limpio y despejado**" para hacer "**astrofísica moderna**".

Mi gusto por las montañas y en particular la "alta montaña" fue sin duda, de gran importancia, yo acostumbraba salir de excursión a escalar los volcanes de México, el Popocatépetl ("*el monte que humea*"), la Iztacchíhuatl ("*la mujer blanca*") y el Citlaltépetl ("*cerro de la estrella*" o "*Pico de Orizaba*"), que se encuentran relativamente cerca de la Ciudad de México (capital donde está la Ciudad Universitaria); ese antecedente me sería de utilidad para lo que encontraría en la Sierra de San Pedro Mártir.

ALGUNAS ACLARACIONES INTERESANTES E IMPORTANTES

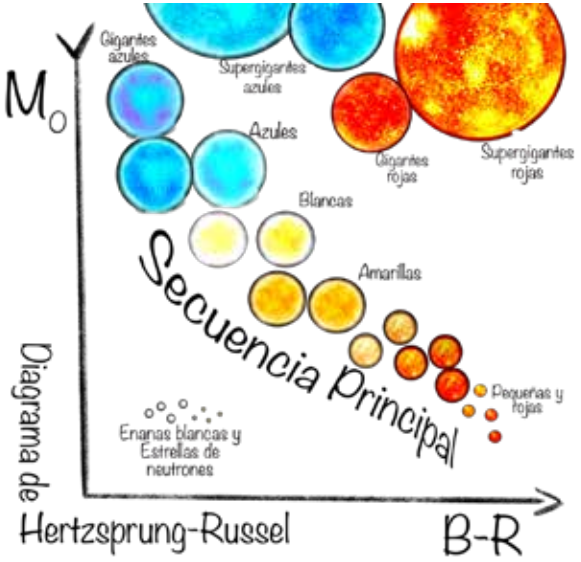
Diagrama Hertzprung-Russell

Pero antes de continuar, veamos rápida y llanamente algunos **conceptos básicos de la Astrofísica**, para que lo que voy a relatar más adelante pueda tener significado. En astrofísica, hablamos del **Sol**, del **Sistema Planetario**, de **estrellas de diversos tipos** (y **colores**), así como de algunas de **sus propiedades** y por supuesto de otros objetos interesantes como son, entre muchos temas, las **galaxias**, los "**agujeros negros**", la "**materia oscura**" y otros objetos celestes, como los "**cometas**", "**asteroides**" y preguntas que como humanos nos hacemos con frecuencia: ¿existe **vida en el universo**? O ¿somos los **únicos** en este vasto espacio que existe a nuestro alrededor?

En particular, trataré (entre otras cosas), de hablar sobre el **SOL**, las **ESTRELLAS B y Be** y las **ESTRELLAS VARIABLES PULSANTES**, que fueron (y aún lo siguen siendo) el tema general de mis trabajos en el Observatorio.

Las estrellas son astros que han sido estudiados por todas las culturas y desde la "antigüedad". Desde hace pocos siglos, que definiremos como "**ASTRONOMÍA MODERNA**", los astrónomos clasificamos a las estrellas

por su "**tipo espectral"**, por su **tamaño**, por su **brillo**, **color**, **temperatura** y **otras características** simples que permiten hacer una "**clasificación**" de ellas.



El "**Diagrama de Hertzprung-Russell**" es un **esquema simple y confiable** de clasificación de las estrellas brillantes y lo que mostramos a continuación, es la agrupación de los varios tipos de estrellas (*y por supuesto, donde pueden quedar otros objetos, inclusive planetas, galaxias y otros objetos celestes*) en un diagrama de dos ejes perpendiculares; un eje de **magnitud (o brillo)** y otro eje de "**color**" (diferencia de la intensidad de la estrella en dos filtros B y R por ejemplo). Indico la dirección electrónica donde podremos conocer más detalles de estos aspectos generales.

El diagrama es conocido como "**Diagrama de Hertzprung-Rusell**.[1]. (en honor de los astrofísicos que lo desarrollaron por vez primera en 1905 y 1913.

1. *El diagrama H-R fue creado en 1905 por el astrónomo Ejnar Hertzsprung y, de manera independiente, en 1913 por Henry Norris Russell. https://lasgafasdelhubble.com/diagrama-hertzsprung-russell-el-ciclo-vital-de-las-estrellas/*

En el diagrama tenemos "grupos" de estrellas "ordenadas"; unas son "pequeñas y rojas", otras Amarillas, Blancas, Azules (todas de la **Secuencia Principal**), otras son Gigantes Azules, Supergigantes Azules, Gigantes Rojas y Supergigantes Rojas, además de las Enanas Blancas y Estrellas de Neutrones en la parte inferior izquierda del diagrama. No están representados otros "objetos interesantes"

Comencé mi trabajo astrofísico con el **SOL que es una estrella "amarilla"** de la **Secuencia Principal** y hay en el firmamento una ENORME CANTIDAD de este tipo de estrellas (**parecen ser de las más comunes**). Otras de las estrellas que hemos estudiado son algunas "**estrellas azules**", también de la "secuencia principal" y algunas estrellas "**gigantes también azules**", como los principales temas de mis trabajos de investigación en Astrofísica, que les iré contando en lo que sigue.

Cómo llamamos los astrónomos a los "astros" nuevos o recién descubiertos

Cuando se "descubre" algún astro nuevo, la Unión Astronómica Internacional (UAI), es la "responsable" de asignar el nombre adecuado y 'característico' de su categoría; así hay "cometas", "asteroides", "planetas" y otros objetos que reciben un "**nombre**" especial. Recomiendo la página de Wikipedia, para atender este asunto, que trataré ahora de hacer un "resumen" de este interesante tema.

La (UAI) es el principal organismo reconocido por la comunidad internacional de astrónomos e incluso por otros científicos, como autoridad para dar nombre a los objetos celestes. En respuesta a la necesidad de nombres claros, ha creado una serie de sistemas de nomenclatura sistemáticos dependiendo del tipo de objetos.

Estrellas BRILLANTES

La mayor parte de los **nombres de estrellas** proceden del árabe de la edad media, cuando los astrónomos de Arabia adoptaron las constelaciones de Ptolomeo dando nombres propios a algunas estrellas [1]. De manera general, se le asignan nombres propios a muy pocas estrellas; la mayoría se conoce por su número de catálogo, como señalo a continuación. Señalaré más adelante algunos de los "nombres" aceptados en la "comunidad" de astrónomos ya que existe un "**grupo de trabajo de la UAI para darle nombre a las estrellas**" con representantes de muchos países del mundo como miembros [2]. Ver también los "catálogos históricos [3] para conocer algunos catálogos de estrellas de varias culturas antiguas.

Algunos grupos de estrellas están ligados gravitacionalmente por lo que son llamados "cúmulos" globulares o estelares, las estrellas de estos "cúmulos" reciben un nombre común y se les asigna un número arábigo consecutivo que es adoptado por la UAI (responsable de asignar los nombres de las estrellas); por ejemplo: 16 Lacerta, α Canis Majoris, etc.

Los catálogos utilizan para su clasificación la "**magnitud aparente**" de la estrella, que resulta de una combinación de su "**luminosidad o brillo intrínseco"** y la "**distancia**" a la que se encuentra, es decir, puede haber un objeto muy brillante pero alejado o algún objeto relativamente débil, pero muy cercano, con una "**magnitud aparente**" similar, aunque tengan una "**magnitud absoluta**" muy diferente.

El catálogo de estrellas brillantes conocido como **Catálogo BS** o como "**Yale catalog of Bright Stars**" [4]**,** contiene 9,110 objetos más brillantes que magnitud aparente +6.5 (visibles a simple vista); contiene 9,095 estrellas, 11 estrellas novas o supernovas, y 4 son objetos "no estelares":, es decir, son *cúmulos globulares o cúmulos abiertos.* Además de este catálogo, se utiliza en la actualidad

1. https://es.wikipedia.org/wiki/Nomenclatura_estelar
2. https://es.wikipedia.org/wiki/Grupo_de_trabajo_de_la_Unión_Astronómica Internacional para_el_nombre_de_las_estrellas
3. https://es.wikipedia.org/wiki/Catálogo_de_estrellas
4. https://es.wikipedia.org/wiki/Bright_Star_Catalogue

el **catalogo HD (Henri Draper)** [5] que contiene más de 225,000 estrellas y además su "extensión" con 135,000 estrellas, haciendo un total de más de 359,083 estrellas. Henry Draper fue un astrónomo cuya viuda donó el dinero necesario para financiar este proyecto. Algunos ejemplos de objetos de este catálogo son:

- HD 48915 :: Sirio (α Canis Majoris), la estrella más brillante del firmamento.
- HD 45348 :: Canopo (α Carinae), la segunda estrella más brillante del cielo.
- HD 95735 :: Lalande 21185, la cuarta estrella más cercana al sistema solar.
- HD 234677 :: BY Draconis, estrella variable prototipo de un grupo de variables.
- HD 155358 :: enana amarilla en constelación Hércules con dos planetas extrasolares.
- HD 226656 :: con declinación de +36' 12.4 en la constelación de Cisne.
- HDE 269810 :: situada en la Gran Nube de Magallanes, la estrella más masiva.

*En una noche **muy despejada** podemos observar, a lo largo de una noche y en los dos hemisferios, hasta 5,000 estrellas "visibles"; el catálogo BS contiene hasta 9,000 estrellas hasta magnitud +6.5 (apenas visibles en una noche muy despejada); **la mitad de estas estrellas en cada hemisferio**; en otros catálogos como el HD Catalogue, tenemos hasta 359,083 estrellas con magnitudes hasta +8.5 o +9* [6].

Existen otros catálogos especializados y el catálogo con el mayor número de estrellas es el "**Catálogo del satélite GAIA**" con más de **1,100 millones de estrellas** (posición, paralaje y los movimientos propios de más de 2 millones de estrellas, basados en este catálogo y el **catálogo Tycho-2** (catálogo publicado en el año 2000). Este novedoso **catálogo GAIA**, publicado en 13 de julio de 2022, después de más de 9 años de trabajo especializado y muy detallado; GAIA **ha sido una misión de la ESA** diseñada para crear el mapa multidimensional más preciso y completo de nuestra galaxia, (la Vía Láctea).

5. https://es.wikipedia.org/wiki/Catálogo_Henry_Draper

Este mapa incluirá la posición, velocidad y dirección del movimiento, luminosidad, temperatura y composición de casi ***2,000 millones*** de objetos en nuestra galaxia y más allá. Esta información permite a los astrónomos reconstruir la evolución pasada y futura de la Galaxia durante miles de millones de años [7].

En nuestros trabajos que reportaremos aquí, utilizamos de manera general, los números de los catálogos HD (Henry Draper) y/o BS (Bright Star Catalogue).

Pero antes de continuar con este relato de "***mis aportaciones***" a la astronomía en el OAN-SPM, pasemos ahora a charlar un poco sobre nuestra estrella mas cercana a la Tierra; es decir, ¿**qué es el SOL**, como está compuesto, cual es su "historia", cuales son las principales expectativas que esperamos de esta "**nuestra estrella cercana**"?, que, por supuesto, **parece ser la "estrella más importante de todas**, pero eso es por su cercanía a nosotros y gracias a su cercanía, podemos saber muchas cosas interesantes sobre nuestro SOL.

7. https://serviastro.ub.edu/es/actividades/conferencias/publicacion-del-3r-catalogo-de-datos-de-la-mision-gaia.

¿Qué es el SOL?

El SOL es una de las estrellas "**amarillas**" de la **Secuencia Principal**; su tipo espectral es **G2**, su Temperatura en la "Fotosfera" (superficie del Sol) es de 5,500 °K, mientras que el valor de la Temperatura en el CENTRO del Sol, alcanza un valor máximo de 15 millones de °K; tiene una extensa (aunque MUY TENUE) atmósfera exterior, llamada "**corona solar**" con una temperatura de ionización de entre 1 a 10 millones de °K.

De esta **Corona Solar** [1] hablaremos cuando charlemos de la **Sonda Solar Parker**, sonda que fue lanzada el 8 de agosto del 2018 y girará entre la órbita de Venus y el Sol, hasta mediados del 2025 que se acercará hasta **8.9 radios solares** (apenas 6 millones de km. de la superficie del Sol). Recordemos que Sol tiene un radio de 695,700 km y que la distancia entre la Tierra y el Sol es de (1 UA) 149,598,000km.

Que más sabemos: el Sol es el centro del "**Sistema Solar**" con los **planetas Mercurio**, **Venus**, **Tierra**, **Marte**, **Júpiter**, **Saturno**, **Urano** y **Neptuno.** Después de una reunión de la Unión Astronómica Internacional (UAI) llevada a cabo el 24 de agosto de 2006, en Praga, Checoslovaquia, se tomó la decisión de nombrar ***"planeta enano" a objetos que giran alrededor del Sol, pero que NO satisfacen otros criterios para ser considerados "planetas", de modo que "Plutón",*** aunque fue descubierto desde ***el 18 de febrero de 1930 por el astrónomo Tombaugh***, es ahora considerado un "**planeta enano**" [2] ; junto a su satélite **Caronte**, los asteroides **Ceres**, **Pallas**, **Vesta**, **Higia**, **Juno**, **Haumea**, **Makemake** y **Eris (Xena)** [3], y que están localizados entre **Marte y Júpiter**; esta "**Zona de los Asteroides**" es un disco circunestelar con una multitud de objetos. Hasta julio de

1. Mis estudios en la UNAM, fueron sobre la Corona Solar con el Dr. Arcadio Poveda y mis estudios de grado los hice en la Universidad de Colorado en Boulder, bajo la dirección del Dr. Donald Billings, especialistas de los estudios sobre la Corona Solar que estudiamos en este trabajo.

2. *Descubrimiento del "**Planeta enano**" https://es.wikipedia.org/wiki/Descubrimiento_de_Plutón*

3. https://es.wikipedia.org/wiki/Redefinición_de_planeta_de_2006 / *Criterios tomados por la Asamblea de la UAI del 24 de agosto de 2006 en Praga, Checoslovaquia, para nombrar a un **planeta: un planeta** es un **"cuerpo celeste que órbita alrededor del Sol",** con gravedad suficiente para adoptar **una forma casi redonda** y, además, **ha despejado de otros objetos las inmediaciones de su órbita** /. Resoluciones 5A, 5B, 6A y 6B de la Asamblea General de la UAI.*

2022, había catalogados y numerados 616,690 asteroides con 1,211,765 órbitas conocidas. Están localizados entre 2 y 4 UA, región en la que **NO SE HAN FORMADO PLANETAS** [4] debido a perturbaciones gravitacionales producidos, principalmente por Júpiter [5].

> *Por claridad, de acuerdo a la resolución de la UAI, del 24 de agosto de 2006 en Praga, Checoslovaquia, se **define** un **planeta** como un "cuerpo celeste que órbita alrededor del Sol", con gravedad suficiente para adoptar una forma casi redonda y, además, ha despejado de otros objetos las inmediaciones de su órbita / Resoluciones 5A, 5B, 6A y 6B de la Asamblea General de la UAI.*

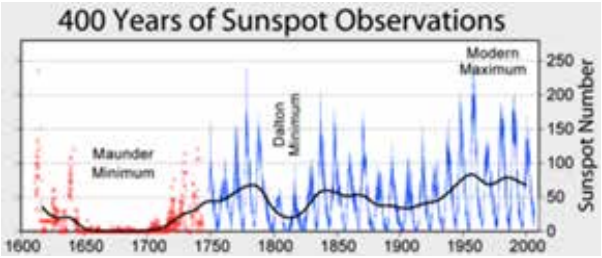
La masa de todos los "asteroides" es muy "pequeña" [6], más de la mitad de la masa total de este anillo, se concentra en los principales "planetas enanos"; el asteroide mayor, Ceres, tiene un diámetro de apenas 950 km., comparada por el diámetro de la Luna, que es de 3,746 km. La masa total de todos estos objetos del cinturón es menor al 4% de la masa de la Luna y se encuentran dispersos en una enorme región, por lo que una "posible colisión" entre algunos de ellos es poco probable, aún en caso de atravesar esta enorme (y casi vacía) región del espacio interplanetario. Además, la masa de todos los asteroides es "totalmente despreciable" para cualquier posible "perturbación" que pudiera presentarse.

La masa total de este "cinturón", pudo haber generado otro planeta, pero las perturbaciones gravitacionales producidas, sobre todo por Júpiter fueron la causa para que los "fragmentos" formados chocaran entre si a grandes velocidades, saliendo disparados en todas direcciones, evitando que se agruparan en un solo objeto. Sin embargo, estas "colisiones" dieron lugar a "familias" de objetos con características similares y de acuerdo a su composición y espectro observado, se tienen tres tipos principales de asteroides: "**carbonáceos**" (tipo—C), **de silicato** (tipo—S) y **Metálicos** (tipo—M). Por las interacciones gravitacionales con Júpiter, existen regiones conforme a las "resonancias jovianas" que separan a los asteroides en "**interior**", "**exterior**" y "**media**".

4. file:///Users/manuelalvarez/Downloads/ENTETEXTOS-30-L4.pdf
5. https://es.wikipedia.org/wiki/Cintur%C3%B3n_de_asteroides
6. https://es.wikipedia.org/wiki/Ceres_(planeta_enano), la Luna es casi 4 veces más grande que Ceres

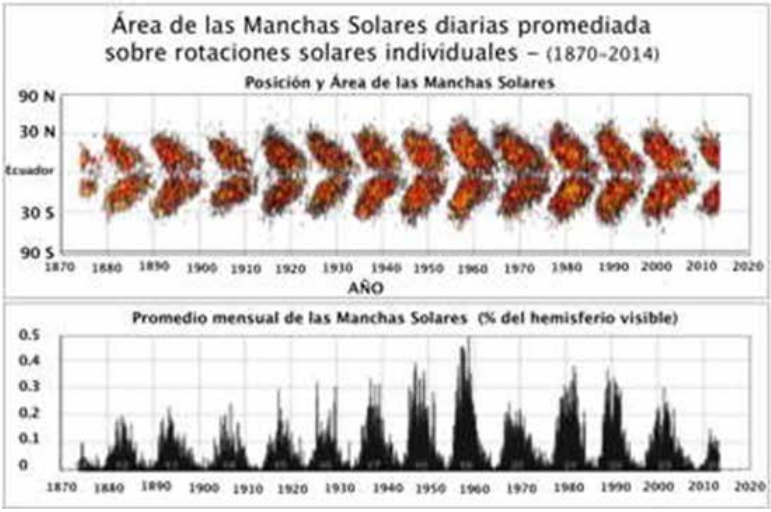
VARIABILIDAD DE LA ACTIVIDAD MAGNÉTICA SOLAR

Aún hay mucho más que hablar sobre sobre el Sol y el Sistema Solar, pero pasemos a analizar la **variabilidad magnética del SOL**, nuestra estrella.



En el lado izquierdo de la figura, mostramos el **número de manchas** sobre el disco del Sol en los últimos 400 años, a partir del año 1600; la línea sólida se incluye el período conocido como "mínimo de Maunder" (1645 a 1715), donde no se registraron manchas solares.

También mostramos la posición que ocupan estas manchas solares sobre la superficie del Sol desde 1870, fecha del inicio de las mediciones de la actividad magnética de la superficie solar; este es el "**diagrama de mariposa**"



(por su "apariencia") que muestra la posición de las manchas solares sobre la superficie del Sol (diagrama superior) asi como la variación del número de **manchas solares** sobre la misma superficie (inferior); ambas aumentan y disminuyen con un período de 11 años.

Además, mostramos el "**modelo**" del Sol, con sus capas internas, mostrando sus propiedades principales, tenemos el "**núcleo** del Sol", las zonas "**convectiva** y **radiactiva**" del Sol, algunas "**manchas solares**", "**prominencias eruptivas**", y otras regiones de la superficie solar.

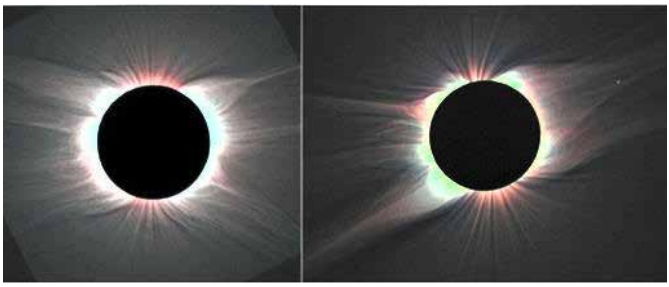
También mostramos la superficie del Sol, con la actividad magnética de los ciclos 22,23 y 24 sobrepuesta en el mismo diagrama.

LA CORONA SOLAR

Antes de continuar con este relato, les muestro algunos aspectos de interés sobre la "**Corona Solar**" (atmósfera muy tenue que rodea al Sol).

*Esta bella imagen del eclipse solar total del **21 de agosto de 2017**, combina exposiciones con diferentes duraciones para revelar aspectos interesantes de la Corona Solar; este eclipse recibió gran cobertura pues fue visible en los Estados Unidos. En el centro puede verse el tenue círculo de la Luna, con sus montañas y valles débilmente iluminadas por la luz reflejada desde la Tierra. Alrededor del borde se observan prominencias rojas y, más allá, el campo magnético solar esculpe el blanco resplandor de la débil corona.* ***Crédito:*** *ESO/P. Horálek.*

Otras fotografías de la "**Corona Solar**", muestran imágenes del eclipse solar, tomadas en la región espectral del visible (530.3 nm a 1,074.7 nm), donde se observan líneas espectrales de Hierro con "**alta temperatura de ionización**".



Hierro altamante ionizado

- *líneas rojas Fe XI 789.2 nm, (1.2 millones de K),*
- *líneas azules Fe XIII 1074.7 nm (1.8 millones de K),*
- *líneas verdes Fe XIV 530.3 nm, (2 millones de K)*

(fotos tomadas durante eclipses totales de Sol ocurridos en 2006 y 2008)

https://naukas.com/2010/07/23/el-sol-escupiendo-hierro/

En nuestra era de "**novedosa tecnología**", esta interacción es capaz de provocar problemas técnicos, principalmente en las comunicaciones, aunque también en otras actividades de nuestra vida moderna.

También provoca las hermosas "auroras boreales" (y australes); ***consultar a Wikipedia para ver más y detallada información***. Les muestro una imagen de una "hermosa aurora boreal" (cerca del Polo Norte) que se produce por la interacción del campo magnético solar con el campo magnético terrestre.

En nuestra era de "**novedosa tecnología**", esta interacción es capaz de provocar problemas técnicos, principalmente en las comunicaciones, aunque también en otras actividades de nuestra vida moderna.

Para completar un poco el conocimiento del SOL y de las estrellas, puedo referirles a la serie de VIDEOS con información "certera" sobre temas interesantes de astronomía, tanto de muchos "tipos" de estrellas como de otros objetos astronómicos. https://www.youtube.com/channel/UCjNevOFP-Kil0D9QAjNL-Jw

Continuemos ahora con el novedoso experimento que se conoce como la:

SONDA SOLAR PARKER [1]

Hace apenas 6 años, el **12 de agosto del 2018**, se inició un experimento que había sido "propuesto", desde hace más de 60 años, por el **Astrofísico Solar Eugene Parker**, quien planteó que de la atmósfera solar debería salir un **FLUJO CONSTANTE** de material (**Viento Solar**).[2]. expulsado de la superficie del SOL, (*Protones, electrones, núcleos de He, N, O, Ne, C, Mg, Fe*) arrastrando su **CAMPO MAGNÉTICO**, mismo que al chocar con el **campo magnético de la Tierra**, produciría fenómenos interesantes, como son las **Auroras Boreales y Australes[3]**, las **Tormentas Geo-Magnéticas** y otros fenómenos interesantes en la interacción **SOL-TIERRA**. Además, en su viaje desde el Sol, hay interacción de ese campo magnético acelerado que se convierte de un **flujo subsónico a uno supersónico**, produciendo efectos que requieren explicación detallada. **Veamos algo sobre este muy valioso experimento**.

CRONOLOGÍA DE LA SONDA SOLAR PARKER

La Sonda Solar Parker salió de la base de lanzamiento de Cabo Cañaveral, Florida el **12 de agosto de 2018** (hace apenas 6 años) para acercarse a la superficie del Sol, medir a lo largo de su viaje y tratar de comprender los mecanismos dominantes de ese "Viento Solar". La sonda lleva el nombre del **astrofísico solar Eugene Parker** y este ha sido el **único experimento espacial que llevó**

1. ***Sonda Solar Parker**: Página de **WIKIPEDIA** que nos explica algunos detalles de la Sonda. Solar Parker, experimento lanzado por la NASA el 12 de agosto de 2018 y que culminará después de 25 perihelios en junio de 2025, acercándose hasta 9.8 Rs (68 millones de km. de la fotosfera, con una velocidad de 195 km/s; (702,000 km/h. y que explicaremos a continuación.*

2. Viento Solar, compuesto principalmente por *Protones, electrones, núcleos de He, N, O, Ne, C, Mg, Fe. Observado por el astrónomo*

3. Auroras Boreales y Australes / https://www.ngenespanol.com/naturaleza/que-son-las-auroras-boreales-y-por-que-se-forman/ / Causadas por la interacción del "viento solar" con el campo magnético de la Tierra, causando luces mas o menos brillantes que se pueden ver alrededor de los polos hasta aproximadamente 2,000 o 2,500 km de los polos norte y sur de la Tierra. **Muy hermosos espectáculos**.

el nombre de un científico vivo cuando se inició dicho experimento.

Los primeros 43 minutos del lanzamiento son muy importantes para el éxito de esta y la mayoría de las misiones espaciales (incluyendo los respectivos programas de investigación). Estos minutos son los siguientes, como se ilustra a continuación en la imagen; El vuelo completo fue programado desde su planeación y vemos un diagrama que muestra algunos de los principales eventos:

> Después del "despegue" del cohete, siguen otros pasos muy importantes: separación de los cohetes impulsores; disparo del primer motor principal a los 5:55 min; separación de los "protectores" de la sonda espacial; continúa encendido del segundo motor de la sonda espacial a los 22:25 minutos para culminar con la separación de la **Sonda Solar Parker** a los 43:18 minutos del lanzamiento. (ver diagrama).

Además, mostramos las trayectorias de los **24 "acercamientos"** de la sonda Parker a la superficie del Sol, desde el momento de su lanzamiento hasta octubre del 2025 en que está programado el perihelio 25 de este importante experimento. En **azul** (lado derecho), las distancias de la sonda al Sol, mientras que los trazos en rojo (lado izquierdo), muestran la **velocidad** de la sonda; los **24 perihelios** van desde **35.7 Rs**, hasta **9.8 Rs.** Se marcan también los "perihelios" *(numerados en rojo, arriba)* y los "acercamientos" (en verde, abajo), con Venus; (ver figura abajo).

El lanzamiento de la Sonda Parker, se realizó el **12 de agosto** de 2018 y serán 25 las órbitas programadas de la Sonda Parker alrededor del Sol y Venus, con 7 "asistencias gravitacionales" con Venus (**VF**) hasta el 2025, señaladas en el **diagrama** en las ***órbitas A1, A4, A6, A8, A10, A17 y A22***..[4]. (puntos verdes en el diagrama de los "eventos" mostrado). Estas "asistencias gravitacionales", son una parte muy importante para conseguir los objetivos de este programa.

Este experimento fue propuesto por el **astrofísico solar Eugene Parker**.[5], quien planteó la importante **teoría** de la **existencia de un "viento solar".[6].** que se movía con velocidad relativamente lenta cerca del Sol y experimentaría una gran "aceleración" hasta que el "viento solar" alcanzara velocidades "supersónicas". Parker publicó en 1958 un estudio titulado "**Dinámica del gas interplanetario y campos magnéticos**", en el que teorizaba sobre la existencia de un flujo continuo de partículas saliendo del Sol, la corona solar se mantendría en expansión continua a causa de sus altas temperaturas; afectando a todo el sistema solar, Parker mostró la veracidad de sus aportaciones y su experimento fue aprobado a pesar de una "fuerte oposición" a su primer intento.

*Una primer propuesta para este experimento utilizaba al planeta Júpiter para el control gravitacional; se lograría un mayor acercamiento a la superficie del Sol (aunque sería **un solo acercamiento**), mientras que utilizando al planeta Venus, **como fue finalmente aceptado**, se acercaría al Sol en múltiples ocasiones (25) aproximadamente entre 100 y 88 días.*

4. Del artículo de ***N.J.Fox et al. 2016 :: Space Sci. Rev. 204:7-48***,

5. *Eugene Parker / 10 de junio 1927 / 15 de marzo 2022. / desarrolló la teoría de la existencia del "**Viento Solar**" / flujo constante de material saliendo del Sol y acelerándose hasta velocidades supersónicas/*

6. Parker, E.N. (1958) Dynamics of the Interplanetary Gas and Magnetic Fields. **Astrophysical Journal, 128, 664.** https://doi.org/10.1086/146579

- En el primer perihelio, (noviembre 2018) la sonda Parker se acercó a sólo 35.7 Rs (248 millones de km. de la "fotosfera" (superficie del Sol), con una velocidad de 90 km/seg; (324,000 km/h)
- en su máximo perihelio (25) planeado para junio de 2025, se acercará hasta 9.8 Rs (68 millones de km. de la fotosfera, con una velocidad de 195 km/s; (702,000 km/h.

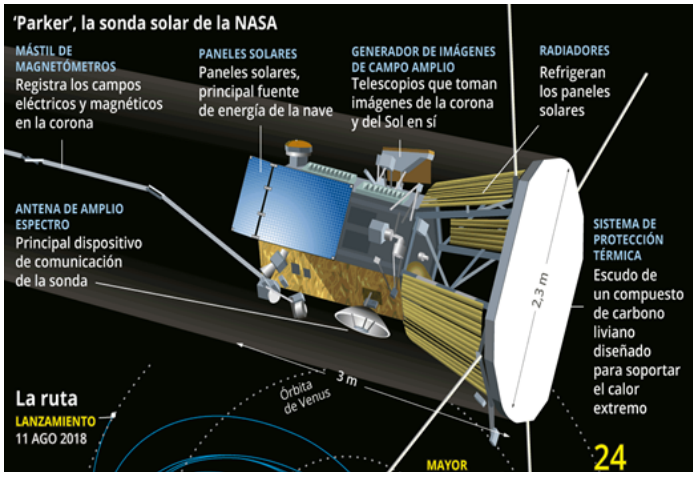
  (recordemos que la distancia entre el Sol y la Tierra es 1 UA (150 millones de km.) y el radio solar es de 695,000 km.)

DESCRIPCIÓN DE LA SONDA SOLAR PARKER

La Sonda Solar Parker es relativamente pequeña con una masa total de sólo 685 Kg.; y durante la vida útil planeada hasta el 2025, se tienen previstos **24 perihelios**, (con un período aproximado que va entre 100 y 88 días), que acercarán cada vez más la Sonda Parker a la fotosfera Solar, gracias al "**pequeño frenado gravitacional**" **VFi** que se obtiene en cada uno de sus acercamientos con el planeta Venus.

Escudo Solar Térmico

*La sonda solar Parker es una nave espacial pequeña; tiene 3 m. de largo, con un "escudo solar" (de una aleación de carbono-carbono-reforzado) de 2.3 m de diámetro y 14 cm de espes*or, se muestra en el laboratorio de Física Aplicada de la Universidad Johns Hopkins, durante su cuidadoso montaje .



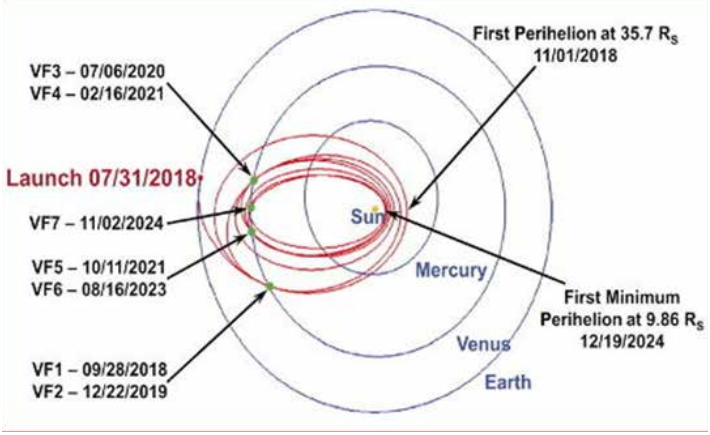
*El "**escudo solar** "sirve para protegerla de la muy alta temperatura de 1,400 ºK que encontrará en los sucesivos acercamientos a la muy tenue y caliente atmósfera solar.*

Como se aprecia en la figura, la Sonda Solar Parker tiene un "mástil de magnetómetros", lleva una batería de "paneles solares" unos "radiadores" para dispersar el exceso de calor; un "generador de imágenes" de campo amplio; una "antena de amplio espectro" para asegurar la comunicación con el sistema central de comunicación y como elemento principal un "sistema de protección térmica" como se describe arriba.

DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

En el diagrama se muestran las órbitas y la posición de Mercurio, Venus, Tierra así como la trayectoria de la Sonda Espacial .[1]. acercándose a la superficie del Sol.

Están marcados algunos de los eventos importantes del experimento; como son las fecha del lanzamiento, el primer perihelio, el perihelio de máximo acercamiento al Sol, y las fechas de los siete acercamientos al planeta Venus VFi .[2]. cuando la Sonda Solar se frena acercándose al Sol



1. ***Escudo Solar**: El escudo térmico de Parker tiene 2.4 metros de diámetro y un grosor de apenas 11 centímetros. Entre sus dos hojas de carbono tiene espuma de carbono. El frente está recubierto de cerámica reflectora de la luz y calor, que tomará un color rojo cereza bajo el bombardeo del calor solar y evitará el calentamiento de la Sonda Parker y los instrumentos de medición.*

2. *7 "acercamientos" **VF1 a VF7** (sep. 2018, dic. 2019, jul. 2020, feb. 2021, oct. 2021, ago. 2023 y nov. 2024) que ocurrirán en los momentos en que **la Sonda esté en la cercanía de Venus**, para que pueda actuar el **"frenado"** necesario y se **acerque cada vez más a la superficie solar.***

RESUMEN DEL EXPERIMENTO CON LA SONDA SOLAR PARKER

La nave lleva cuatro "grupos de experimentos" con los que está midiendo los campos eléctricos, magnéticos y otros parámetros para "caracterizar" el medio interplanetario influenciado por la actividad solar.

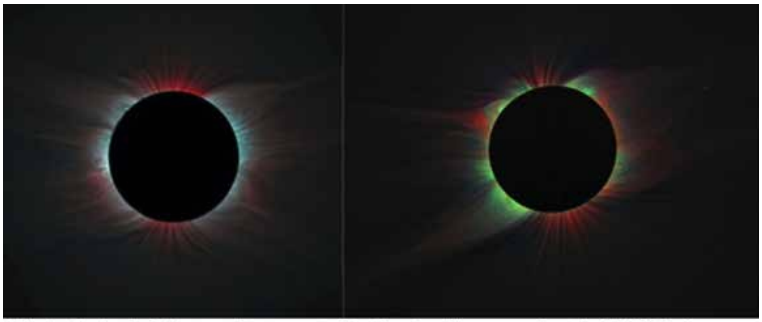
Esos instrumentos son: **FIELDS**, **ISOIS, WISPR, SWEAP**, y la propia **Sonda Solar Parker**, que de manera continua, obtendrán una descripción del Sol y del medio interplanetario en el que se mueve, de su relación con nuestro planeta Tierra y los planetas del sistema solar.

Durante sus recorridos alrededor del Sol, tanto en la cercanía de la superficie solar, como a grandes distancias de la fotosfera, la Sonda Parker encontrará lo siguiente:

- Un comportamiento **complejo, variable y muy activo** del Sol en el medio interplanetario **cercano** al Sol;
- Las líneas del **campo magnético**, sufren cambios rápidos y constantes tanto cuando están cerca de la superficie solar, como a grandes distancias en el medio interplanetario;
- Desde la Tierra -una unidad astronómica de distancia (150 millones de km de distancia – 8 minutos-luz); las "propiedades" del plasma están muy "diluidas" y mezcladas y se pierde todo el detalle que se puede obtener con la Sonda Parker.
- Para que los "**sistemas de control y comunicación**" que permiten la comunicación con la Tierra sean efectivos, se requiere que la Sonda Parker sea **completamente autónoma** en sus acciones y decisiones;
- Se requiere un muy eficaz "**sistema de enfriamiento**" para cuando la sonda Parker se acerque a la muy caliente superficie solar;
- Este sistema incluye un "**escudo solar**" de una **aleación de carbono–carbono reforzado**, además de paneles de enfriamiento, que protegerá no solo a la Sonda Solar Parker, sino, a toda su instrumentación.

CÓMO ES EL FUNCIONAMIENTO DE LA SONDA SOLAR PARKER:

Lo que conocemos de las regiones externas del Sol, principalmente de la Corona Solar, se ha obtenido por la observación de los "**eclipses totales del Sol**", por observaciones directas y con satélites espaciales. Uno de los principales resultados que tenemos hasta ahora, es que esta tenue región tiene una MUY ELEVADA **temperatura de ionuización** (*entre 1 y 10 millones de* ^{o}K); que se pudo medir con las líneas espectrales de átomos de Hierro altamente ionizado, como se ve en las imágenes del Sol obtenidas durante eclipses totales de Sol, en 2006 y 2008 mostradas aquí.



Variedad de hierro altamente ionizado líneas rojas Fe XI 789.2 nm, líneas azules Fe XIII 1074.7 nm, líneas verdes Fe XIV 530.0 nm, fotos durante eclipses totales de Sol ocurridos en 2006 y 2008
https://naukas.com/2010/07/23/el-sol-escupiendo-hierro/

. . . **Pero volvamos a la Sonda Solar Parker y revisemos:**

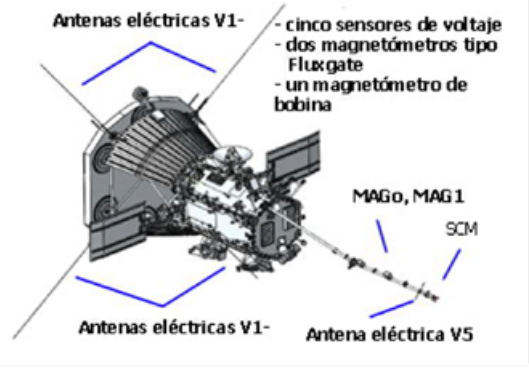
Para vencer el campo gravitacional solar y escapar de la atracción de la Tierra, la sonda espacial Parker utilizó el potente **cohete Delta IV**; además utiliza la "**asistencia gravitacional**" de Venus, para dejarla "**atrapada**", girando entre la órbita de Venus y el Sol. En los sucesivos **pasos** por los **perihelios**, la sonda Parker estudiará las características del "**viento solar**" en las regiones donde este plasma inicia su aceleración, pasando de un **flujo sub-sónico a uno** "**súper-sónico**"

INSTRUMENTOS DE LA SONDA PARKER

La Sonda Solar Parker lleva **cuatro grupos de instrumentos** para medir las partículas solares, los efectos que se producen sobre el medio interplanetario, los campos eléctricos y magnéticos, que salen de la superficie del Sol y son arrastrados por el "**viento solar**" interaccionando con el "plasma solar" de la alta atmósfera de la Tierra, que también posee un campo magnético.

Estos grupos de instrumentos son: **FIELDS, ISOIS, WISPR, SWEAP**, y la propia **Sonda Solar Parker**, quienes están protegidos del enorme calor por un **escudo solar** (aleación de carbono – carbono reforzado) de **11.43 cm de espesor**.

- **FIELDS** son grupos de "antenas" y "magnetómetros", que miden directamente los **campos eléctricos y magnéticos, ondas de radio, vectores de Poynting, densidad absoluta del plasma y la temperatura de los electrones**, que dominan el **VIENTO SOLAR** que sale de la superficie del Sol y se extiende en todo el espacio interplanetario. **El investigador Principal es Stuart Bale** de la UC en Berkeley.

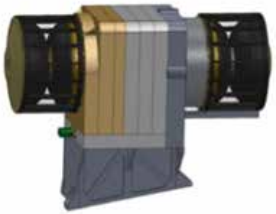


ANTENAS Y MAGNETÓMETROS

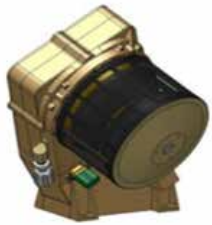
SPC

- Montada sobre la Sonda Parker está un detector de partículas llamado **SPC (Copa de Faraday)**, es un dispositivo metálico que atrapa y mide partículas cargadas que viajan en el vacío; puesto que observa directamente al Sol, está sujeta a la radiación y alta temperatura del experimento cuando capture y mida sus propiedades. Este instrumento está formado por una **serie de rejillas altamente transparentes**, colocadas sobre las **placas colectoras** que atrapan y miden sus propiedades. Para aislar eléctrica y térmicamente este instrumento, se utilizan piezas de zafiro y otras aleaciones que mantienen el aislamiento de la copa.

Junto con la **SPC**, (**copa de Faraday**), *descrita arriba*, la Sonda tiene, además, los "**analizadores**" de partículas que utilizan placas curvas, para medir la distribución de esas partículas cargadas detectadas.

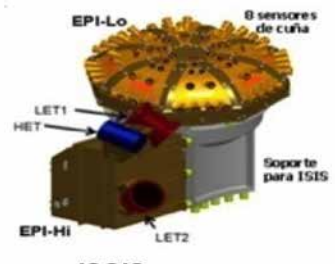


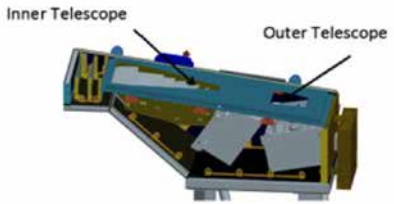
SPAN_A+



SPAN_B

Muestro, además, los resultados obtenidos con los diferentes instrumentos de la Sonda Solar Parker, agrupados para los diversos instrumentos:

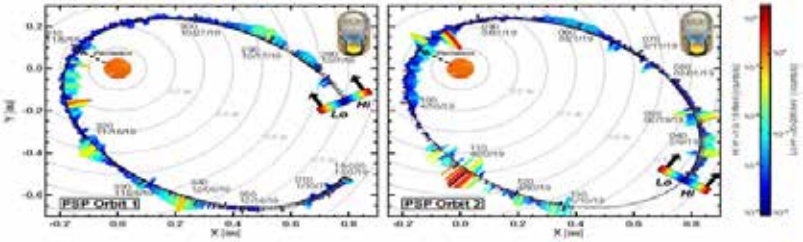




- El **grupo ISOIS** es el conjunto de instrumentos científicos más ambiciosos del programa, cuyos componentes son:
- **Epi-Lo** mide partículas en decenas de miles de electronvoltios, mientras que
- **Epi-Hi** mide partículas con millones a cientos de millones de electronvoltios. Pueden identificar diversos elementos como Carbono, Oxígeno, Neón, Magnesio, Silicio, Hierro, y dos isótopos de He-3 y He-4. *(como referencia, la electricidad en los hogares es de 120 voltios.)*
- Como se aprecia en la figura siguiente, la información del **ISOIS** se reporte como barras de color a lo largo de la línea negra que representa la trayectoria de la Sonda Solar,
- Mostramos las **dos primeras órbitas** del experimento, donde se detectaron muchos pequeños eventos de partículas energéticas, expulsiones solares (solar bursts) durante los cuales el cociente de las partículas eyectadas aumentó rápidamente.
- Su misión es medir electrones, iones y protones de la atmósfera del Sol para comprender la amplia gama de interrogantes detrás de estas partículas energéticas y tratar de comprender su origen, los mecanismos de aceleración y la manera que se alejan del Sol en su movimiento hacia el espacio interplanetario. Estos instrumentos fueron diseñados y construidos en el **Laboratorio de Física Aplicada de la Universidad Johns Hopkins**.

DETALLES DE LAS MEDIDAS CON EL ISOIS (Science Operation Center)**:**

Se muestran los datos de las órbitas 1 (izquierda) (10/7/18 a 1/10/19) y 2 (derecha) (2/9/19 a 5/10/19) donde se presentan las tasas de recuento de partículas como tiras de color superpuestas a lo largo de la línea negra que representa la trayectoria de la sonda solar Parker. (de derecha a izquierda, siguiendo las flechas mostradas en el diagrama).



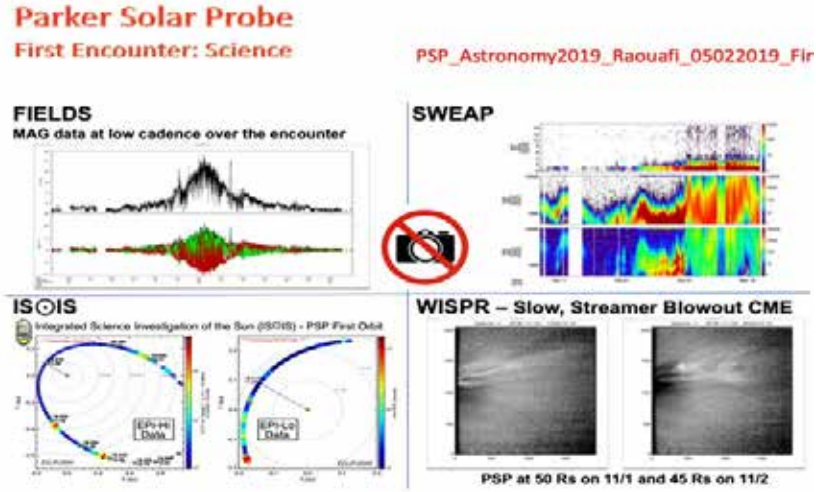
Las tasas de energía más bajas ("**Epi-Lo**") se ven en el interior de la pista, Mientras que las tasas de energía más altas ("Epi-Hi") se muestran en el exterior de la pista; tanto el ancho como el color corresponden a los cocientes medidos. (rojo: máximo valor)

Durante esas dos primeras órbitas de la Sonda Solar Parker, ISʘIS detectó muchos **pequeños eventos** de partículas energéticas, **explosiones solares** durante las cuales las **tasas de partículas que salen del Sol aumentaron rápidamente**.

Crédito: NASA / Princeton / APL

1. Muestro, además, los resultados obtenidos con los diferentes instrumentos de la Sonda Parker, agrupados y con una pequeña explicación de ellos. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, tenemos:
2. Con los instrumentos conocidos como **SWEAP**, se estudian las **PARTÍCULAS** (electrones, protones y partículas alfa), del VIENTO que sale del Sol;
3. Con el grupo de instrumentos **WISPR** se obtienen **imágenes de campo amplio** de la **Corona Solar,** así como del **medio interplanetario** en la **vecindad del Astro Rey**.

ESTE ES UNA DESCRIPCIÓN GRÁFICA DEL INSTRUMENTO ISOIS:



- Además, posee unos **sistemas de control** que le permiten la **comunicación con la Tierra**;
- Sistema de **Protección Térmica**;
- **Paneles solares del sistema de energía y del enfriamiento,**
- **Magnetómetros** para registrar los campos eléctricos y magnéticos en la Corona Solar (**FIELDS**),
- **Radiadores** para mantener las condiciones óptimas de operación del sistema;
- un **generador de imágenes de campo amplio** para tomar imágenes de la corona y del Sol (**WISPR**) y
- la **Antena de alta ganancia** para asegurar las comunicaciones con la Tierra.

Es un sistema complejo que fue resuelto con gran habilidad y conocimiento, para asegurar el éxito del sofisticado experimento. En la imagen de la Sonda Parker que mostramos arriba, están los cuatro grupos de instrumentos, así como el **ESCUDO SOLAR** que los protege.

RESUMEN DE LOS EXPERIMENTOS (CON LA SONDA SOLAR PARKER)

La sonda solar PARKER, fue lanzada desde Cabo Cañaveral en la Florida, EEUU, el 12 de agosto de 2018, después de más de 30 años de análisis y difíciles decisiones, desde que el astrofísico solar **Eugene Parker**, propuso su importante teoría de que del SOL, eyectaba un "**viento solar**" con bajas velocidades subsónicas y que experimentaría una gran "aceleración" que haría que ese viento alcanzara velocidades supersónicas.

El experimento consistió en que la nave saldría en dirección del Sol y para ello, aprovecharía sucesivos "frenados" por la fuerza gravitacional de Venus que haría que en sucesivos "acercamientos" al planeta, la nave se acercaría cada vez más a la fotosfera solar, pasando de **24.8 millones de kilómetros** de la fotosfera del Sol en su primer perihelio el 3 de noviembre de 2018 (poco menos de tres meses después de su lanzamiento), hasta alcanzar **6.9 millones de kilómetros** de la fotosfera solar a mediados del 2025, en su perihelio de máximo acercamiento en junio de 2025.

La nave lleva cuatro "**grupos de experimentos**" con los que medirá los campos eléctricos, magnéticos y otros parámetros para "caracterizar" el medio interplanetario influenciado por la actividad solar.

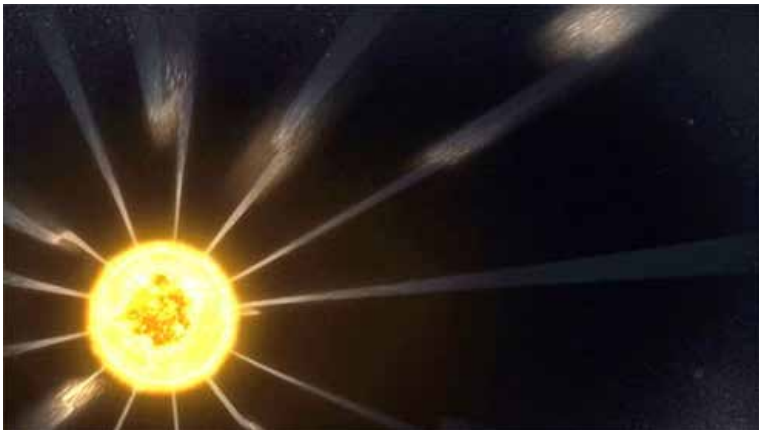
RESULTADOS EXPERIMENTALES

Todos los resultados experimentales que se han obtenido así como los planeados, están siendo reportados en revistas científicas destacadas como son, por ejemplo: **NATURE, SOLAR PHYSICS**, **REVIEW OF SOLAR PHYSICS, ASTROPYSICAL JOURNAL, ASTRONOMI-CAL JOURNAL, ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS,** así como los principales diarios y comunicaciones tanto **científicas** como de **divulgación** general; las principales razones para entender el mecanismo del "**calentamiento de la Corona Solar, e**s que posiblemente sean las "**ondas de**

Alfven", las posibles causantes de las altas temperaturas observadas.

Veamos algunos de los resultados obtenidos hasta el momento. **(mediados del 2024).**

Cambio de orientación de las líneas de campo magnético solar



Las líneas del Campo Magnético Solar salen de la superficie solar en forma RADIAL, pero la "turbulencia" que existe cerca de la superficie del Sol, hace que estas líneas de campo magnético y eléctrico cambien de dirección en pocos segundos o minutos;

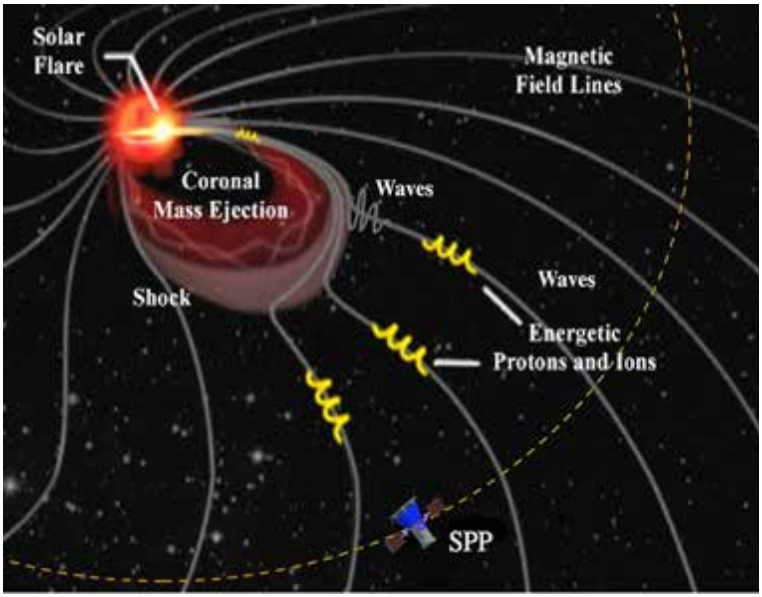
Cuando la Sonda PARKER viaja cruzando las líneas de campo en su recorrido, encuentra y mide las variaciones bruscas del campo magnético, que pueden ser las causas principales del fuerte calentamiento en la "corona solar";

Hay evidencia de que este mecanismo magnético puede ser la **causa del incremento enorme y brusco de la temperatura de la Corona Solar** que hace que esta región de la atmósfera exterior del Sol, alcance el millón de grados que se observa; (las líneas coronales de Hierro observadas durante los eclipses totales de Sol, son una manifestación de la existencia de regiones de la Corona

Solar, con cantidades de **Hierro altamente ionizado** con una temperatura mayor a un par de millones de °K).

Las siguientes imágenes ilustran como la Sonda Parker en su recorrido a través de las **líneas de campo magnético** de la Corona Solar, muestran y sufren cambios "más o menos bruscos y repentinos" tanto en su dirección como en su magnitud; esto es lo que puede producir la "**reconexión magnética**", capaz de provocar los grandes cambios en la temperatura (y densidad) de regiones de la Corona Solar, que pensamos son las causantes de la elevada temperatura coronal.

Puesto que esos cambios ocurren con una duración de minutos o segundos, se piensa que eso causa el **calentamiento** de la **"corona solar"** que incremente la **temperatura de ionización** del gas coronal en más de **un millón de grados**, mientras que la fotósfera a su alrededor, mantiene sus 5,500 °K; de la superficie de la atmósfera.



Durante uno de los recorridos de la Sonda Solar Parker, ocurrió una importante **llamarada solar** (**ráfaga solar**: **solar flare**) que incluyó una "**eyección de masa Coronal"** observada, además de la Sonda Parker, por varios satélites que orbitan el Sol e inclusive, también fue observada

desde la Tierra; sus resultados fueron publicados en "**NATURE**", "**Solar Physics**" entre otras publicaciones científicas, además de artículos de prensa y de divulgación del conocimiento.

Entre los **RESULTADOS OBTENIDOS**, con esta Sonda Espacial, señalamos que, en la cercanía de la Tierra, el "**Viento solar**" es un "**flujo de plasma uniforme**", con "**poca turbulencia**", mientras que, en la cercanía del Sol, el Viento Solar es **MUY DINÁMICO** como lo muestran las observaciones de estos experimentos

Otro de los importantes resultados observados por la Sonda Solar Parker, es que esos rápidos cambios en la dirección de las líneas del campo (originalmente radial), arrastran y modifican la energía de las partículas del medio interplanetario; calentándolas; creemos que este es el mecanismo para explicar y entender el ***calentamiento de la "corona solar".***

Además, otro de los posibles mecanismos del calentamiento de esta región es por la acción de "**ondas de plasma**" que liberan bruscamente su energía, calentando repentinamente a la corona solar.

En su **6º sobrevuelo por Venus** el 21 de agosto de 2023, la sonda Parker, pasó de la distancia de cercamiento a la fotosfera de **9.2 Gm.[1].. a sólo 7.9 Gm**, esa distancia se repetirá para los perihelios 17 al 21 (años 2023 y 2024); en su **7º sobrevuelo por Venus, el** 6 de noviembre de 2024, la Sonda Parker se acercará aún más al Sol, hasta **6.9 Gm** (perihelio 22 (24 de diciembre de 2024) que mantendrá para sus siguientes perihelios hasta concluir el experimento a finales del 2025.

Los próximos perihelios de la Sonda Parker serán el Perihelio 18 (diciembre 2023), hasta el Perihelio 25 (junio 2025). Aunque aún hay mucho que añadir referente a esta Sonda Solar Parker, los resultados serán "noticia" durante los próximos meses; los próximos perihelios están planeados para las siguientes fechas y están en la tabla adjunta: 29 de diciembre de 2023 (Per-18), 30 de marzo 2024 (Per-19) , 30 de junio 2024 (Per-20), 30 de septiembre 2024 (Per-21), 24 de diciembre 2024, (Per-22), 22 de marzo 2025 (Per-23) y 19 de junio 2025 (Per-24). Novedosos y sorprendentes resultados tendremos en estas fechas; estaremos pendientes de ellos.

Pero, **regresemos a "mi historia"**, que será, sin duda, **diferente a la que otros astrónomos colegas**, nacionales y extranjeros, nos puedan relatar en algún momento en un futuro cercano, o de hecho ya lo han contado.

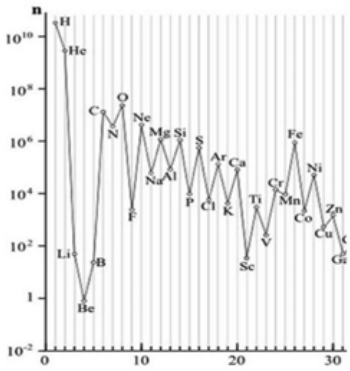
Los perihelios de los años 2024 y 2025 están tabulados a continuación:

Los perihelios de los años 2024 y 2025 están tabulados a continuación:					
Año	Fecha	Evento	Distancia del sol (Gm)	Velocidad(km / s)	Período orbital (días)
2024	30 de marzo	Perihelio # 19	7,9	176	92
	30 de Junio	Perihelio # 20	7,9	176	92
	30 de septiembre	Perihelio # 21	7,9	176	92
	6 de noviembre	*Sobrevuelo de Venus # 7*	*317 kilometros*	*Saliente*	*Fuera de*
	24 de diciembre	Perihelio # 22	6,9	192	88
2025	22 de marzo	Perihelio # 23	6,9	192	88
	19 de junio	Perihelio # 24	6,9	192	88
	15 de Septiembre	Perihelio # 25	6,9	192	88
	12 de diciembre	Perihelio # 26	6,9	192	88
Gm = 1,000,000,000 km Rsol = 696,342 km. UA = 149,597,871 km					

Gm = 1,000,000,000 km Rsol = 696,342 km. UA = 149,597,871 km

1. 1 Gm = 1,000,000,000 km. / R sol = 696,342 km. / 1UA = 149,597,871 km.

MI PASO POR CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNAM, UNIVERSIDAD DE COLORADO EN BOULDER y CIENCIAS MARINAS DE LA UABC.



Abundancia de elementos químicos en la fotosfera solar. Los elementos ligeros (Li, Be, B) son "sub" abundantes en la fotosfera solar. Se producen por reacciones de "espalación"

Antes de mi estancia inicial en Baja California, terminé mi **Licenciatura en Física** en la Facultad de Ciencias de la UNAM, con una Tesis sobre la "**Formación de Elementos Ligeros en la Superficie del Sol**"; donde explico la forma en que los elementos ligeros: Litio**, Berilio y Boro**: (**sub-abundantes** en la fotosfera solar // ver figura) se forman por medio de los mecanismos energéticos que ocurren en las "**explosiones solares**" (ráfagas o fulguraciones). Cuando ocurre una de estas ráfagas, una gran cantidad de partículas de alta energía es emitida **en todas direcciones**; aquellas que se mueven **hacia el exterior**, forman explosiones; que se manifiestan como "abrillantamientos bruscos" produciendo efectos tanto en "luz visible", como en otras longitudes de onda [Rayos X, radiación UV. Ondas de Radio, etc.]; generalmente son de pocos segundos o minutos de duración; sus efectos son muy claros y notorios para los distintos observadores, tanto en Tierra, como con globos, y satélites artificiales.

Otra parte muy importante se dirige hacia el **interior solar**, chocando con los átomos de Carbón, Nitrógeno, Oxígeno, que son abundantes en la fotosfera y por medio de las "**reacciones de espalación**" .[1]. forman los átomos de **Litio, Berilio y Boro** (**elementos ligeros** que muestran la "**abundancia**" relativa observada en el Sol).

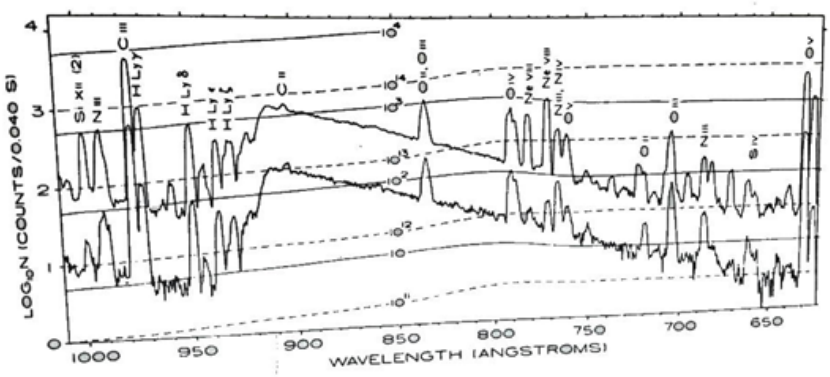
1. Reacciones de "**espalación**" en la superficie del Sol o de una Estrella, https://es.wikipedia.org/wiki/Espalación; se puede buscar también en el libro del Dr. Ernesto Carmona Guzmán de la Universidad de Sevilla: "Viaje a los confines de la Tabla Periódica" Edición digital: Dosgraphic, s. l. <www.dosgraphic.es>

Estos trabajos fueron dirigidos por el **Dr. Arcadio Poveda**, antes de ser nombrado Director del OAN-SPM - en Ciudad de México y Ensenada, en 1968.

Continué en la Universidad de Colorado en Boulder, haciendo una Tesis de **Maestría en Astro-Geofísica** bajo la dirección del **Dr. Donald Billings**, especialista en el estudio de la **Corona Solar**, (atmósfera muy tenue y caliente que solo se puede observar con satélites artificiales o durante los eclipses totales de Sol.

El título de mi tesis fue "***La Distribución de la Temperatura y la Densidad de la CORONA SOLAR, a partir del Análisis de las L*ínea**s en *Emisión del Espectro Ultra-Violeta del SOL***", *analizando observaciones espectrales del extremo ultravioleta de la Corona Solar,* con los satélite OSO VI (Orbiting Solar Observatory). .[2]

Muestro a continuación una figura de mi tesis de maestría del espectro del extremo ultravioleta de dos regiones (una "***quieta***" y otra "***activa*** "de la superficie del Sol, en el **rango desde 650 Å hasta 1000 *Å***) Se observan varias líneas en emisión que fueron utilizadas para el análisis del Sol en esta región del espectro luminoso solar.



Espectro del Sol para dos regiones (una "activa" y otra región "quieta" en la región UV del espectro luminoso 650 a 1000 Å, donde vemos líneas claramente en emisión en esta región.

2. **OSO VI** (**Orbiting Solar Observatory**) estuvo activo desde agosto 1969 hasta marzo de 1981. Uno de sus objetivos primarios fue el observar el Sol en EUV y Rayos "X" durante un "ciclo solar" de 11 años.

A los pocos meses de mi regreso al Instituto de Astronomía en Ensenada, Baja California (IA-UNAM), fui invitado como "**astrónomo visitante**" al Observatorio de Pic du Midi (Pico del Sur) en los Pirineos Franceses, en donde estuve ocho meses en una agradable y productiva estancia de trabajo que me permitió establecer lo que sería otra etapa muy provechosa en la astrofísica, (el estudio de **estrellas variables** y en particular la "**Sismología Estelar**"), que relataré más adelante.

Me reincorporé al OAN-SPM del Instituto de Astronomía de la UNAM (IA-UNAM-Ensenada), en **agosto de 1974**, iniciando, al mismo tiempo, una activa participación con la **Universidad de Baja California (UABC)**, dando clases de Termodinámica, Matemáticas y Meteorología en la **Escuela Superior de Ciencias Marinas** de esta Universidad; en las clases de Meteorología que impartí en esa escuela, se formaron varios de los Oceanólogos y Meteorólogos que desde el CICESE (Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada); y otras instituciones Ensenadenses, nos informan sobre las cambiantes condiciones climatológicas de la región.

También, con la participación de profesores e investigadores de las Escuelas, Institutos, Centros de Investigación Ensenadenses y de nuestro propio Instituto de Astronomía en Ensenada, comenzamos la planeación y organización de lo que finalmente se logró como una **Escuela de Física** que rápidamente se convirtió en la **Facultad de Ciencias UABC.**[3]., con las carreras de **Biología, Física, Ciencias Computacionales, Matemáticas Aplicadas, Ciencia de Datos**, quienes están formando una fuerte e importante comunidad científica de alta especialización en las ramas de la Ciencia y Tecnología necesarias para el futuro de Baja California y el país.

3. La **Facultad de Ciencias de la UABC en Ensenada** fue aprobada en noviembre de 1978 por el Consejo Universitario de la UABC, después de una "interesante" reunión en la ciudad de **Tecate, BC;** esto ocurrió poco tiempo después del reconocimiento por la UABC de las Escuelas de Biología y Física en la ciudad de Ensenada.

FOTOMETRÍA DE ESTRELLAS VARIABLES DEL TIPO Be

Mi trabajo como **Astrofísico Estelar**, lo inicié a mi regreso de Francia en 1974, después de una corta "estancia de colaboración y trabajo" en el Observatorio de Pic du Midi y el Observatorio de Paris-Meudon, en Francia. Así inicié mi participación con algunos colegas de esos observatorios quienes se han dedicado al "**ESTUDIO ESPECTROSCÓPICO DE ESTRELLAS TEMPRANAS B y Be** (Las estrellas Be son estrellas B tempranas y con líneas espectrales en **EMISIÓN**). Las observaciones francesas en espectroscopía y fotometría, fueron (y aún son) hechas principalmente en el **Observatorio de Haute Provence** (en el centro-sur de Francia) además de otros observatorios del mundo tanto europeos, americanos y ahora también en México; en la actualidad se observan también con satélites artificiales como el satélite Kepler, entre otros.

Los astrónomos franceses **Anne Marie Hubert-Delplace y Henri Hubert** publicaron el "**ATLAS ESPECTROSCÓPICO DE ESTRELLAS B Y Be**".[1]. (catálogo con los datos espectroscópicos de un grupo de más de 200 estrellas jóvenes y calientes B y Be), siendo ellos los líderes de ese equipo de trabajo. Nuestra estrecha colaboración con este grupo, lo llevamos especialmente con los Dres. Dominique Ballereau, Jacques Chauvulle y otros astrónomos del grupo, trabajamos en conjunto por más de 15 años publicando artículos científicos en revistas de investigación, también presentamos resultados en Seminarios, Reuniones y "Congresos Especializados" en estas estrellas tempranas y calientes. **Incluyo como un apéndice (1)** una lista de algunos de los trabajos que publicamos con los resultados de la fotometría de **13 colores** e inclusive algunos resultados **espectroscópicos** de varias estrellas jóvenes y variables..[2].

1. **An Atlas of Be Stars** / por Anne Marie Hubert-Delplace | 1 de enero de 1979.
2. Catálogo de Estrellas B y Be observadas en el OAN-SPM. (apéndice / al final del texto).

En los párrafos siguientes, hablaré sobre algunos de los resultados obtenidos de objetos de este grupo de Estrellas B y Be: (con líneas espectrales en emisión).

El **astrofísico Manuel Álvarez** comenzó un proyecto con el **sistema fotométrico de 13 colores** para observar un grupo de Estrellas B y Be de las que los astrónomos franceses había reportado en el Atlas Espectroscópico mencionado arriba. En esta colaboración participó también el **Dr. William Schuster** del OAN-Ensenada, el **Dr. José H. Peña,** los físicos **Laura Parrao, Salvador González Bedolla** y otros colegas y estudiantes de Ciudad de México; todos teníamos experiencia observacional y nos especializamos aún más en la **FOTOMETRÍA** que se aplica tanto para estudiar estrellas como nebulosas, galaxias y otros muy diversos objetos.

Para nuestro trabajo, aprovechamos la magnífica calidad de los cielos especialmente "**fotométricos**" del observatorio de San Pedro Mártir, que nos permitió llevar a cabo varias **campañas de observación** en colaboración no sólo con estos astrónomos franceses, sino participando en "campañas" internacionales para determinar las propiedades de estas importantes estrellas "jóvenes" y brillantes.

En el OAN-SPM, tenemos equipos y sistemas de observación especialmente adaptados para las observaciones científicas y, como en otros observatorios, se tiene también el sistema fotométrico UBVRI, conocido también como Fotometría Johnson y una buena descripción de este sistema, lo tenemos en la dirección siguiente .[3]. y en una Tesis de Licenciatura de la Física de **Cristina Siqueiros** de la UNAM, quien ha trabajado con el **Dr. William Schuster** en el OAN-SPM .[4].

3. Dr. Michael Richer http://www.astrosen.unam.mx/~richer/docencia/tecnicas/sistemafot.pdf .
4. Tesis de Licenciatura en Física de la UNAM de Fis. Cristina Siqueiros (2023).

ASPECTOS RELEVANTES EN MI INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA (Fotometría de 13 colores)

En el campo de las **Estrellas Variables observadas con el Sistema de 13 colores**, considero interesante conocer un poco más sobre el propio sistema fotométrico de 13 colores, por lo que, haré una brevísima descripción de este sistema fotométrico, que hemos utilizado en nuestro observatorio y la información obtenida es ampliamente conocida por la comunidad astronómica.

Conforme a la definición de la Enciclopedia Británica,

- la **fotometría** nos permite medir la **temperatura efectiva** de las estrellas y
- con datos de un rango más amplio permiten al observador determinar y clasificar también el tipo de estrella, esto es,
- separar entre **estrellas gigantes** o **estrellas enanas,**
- también se puede evaluar si una estrella es **rica o deficiente en metales**,
- determinar la **gravedad superficial** y
- estimar el **efecto del polvo interestelar** en la radiación de una estrella.

El **SISTEMA FOTOMÉTRICO DE 13 COLORES,** es un sistema diseñado desde los años 1950 y1960 por los astrónomos **Harold Johnson** y **Richard Mitchell** durante una estancia en el Instituto de Astronomía de la UNAM en las ciudades de Ensenada y la Ciudad de México (además de otros observatorios del mundo).

- Resultados obtenidos con este sistema, han sido utilizados para conocer el **flujo** de algunos de los objetos observados,
- hacer la **clasificación absoluta** de dichos objetos,
- estudiar su **distribución** y
- **entender su comportamiento**; de esta forma,

- se amplía el conocimiento de las estrellas observadas, sobre todo estudiando las
- **variaciones de estas estrellas** en función del tiempo, para las diferentes temporadas de nuestros estudios.

Este es un sistema fotométrico de "***ancho de banda intermedia***" (***medium-narrow band***) con 13 filtros escogidos para obtener una determinación precisa de las propiedades de las estrellas. Una descripción detallada de este sistema, está publicado en la **Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica en 1975**, donde se describe con detalle este sistema fotométrico,.[1]. aquí daremos una breve descripción.

Una de las figuras (del mencionado artículo), muestra los filtros del

- **sistema de 13 colores**, comparado con el sistema de
- filtros anchos {**UBVRI**} y con algunos aspectos estelares o atmosféricos como por ejemplo,
- el "**continuo de Balmer**, las
- líneas $\mathbf{H_{alfa}}$, $\mathbf{H_{beta}}$, $\mathbf{H_{gama}}$, $\mathbf{H_{delta}}$, $\mathbf{H_{epsilon}}$,
- la **banda A**,
- el **continuo de Paschen**,
- algunas **bandas anchas del agua**,
- y otras **bandas brillantes del cielo nocturno**.

Los filtros se identifican de manera aproximada con la "**longitud**" **de onda efectiva** de dichos filtros; **33, 35, 37, 40, 45, 52, 58, 63, 72, 80, 99 y 110**, en donde para cada uno de estos filtros, corresponde una longitud de onda .[2]. como se indica a continuación:

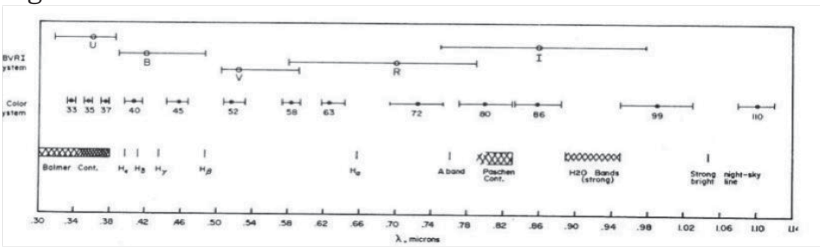
Filtro del sistema / Longitud efectiva de la banda en ***Angströms (Å)***												
33	35	37	40	45	52	58	63	72	80	86	99	110
3371	3536	3750	4030	4571	5183	5827	6356	7241	8000	8584	9831	11084

1. 13-color photometry of 1380 bright stars (Johnson+ 1975) Johnson, H. L.; & Mitchell, R. I. / The Bibcode is: 1995yCat.2084....0J
2. Fís. Unidad de longitud equivalente a los diez mil millonésimos (10^{-10}) parte del metro. (Símb. A) Angström.

La "**longitud efectiva**" de los **filtros del sistema de 13 colores**, se obtiene tomando en consideración tanto la dependencia de la transmisión de longitud de onda como la propia transmisión de energía de las estrellas, cosa que hacen los autores del sistema de 13 colores, de la misma forma que se hace para la "**calibración**" en los otros sistemas fotométricos.

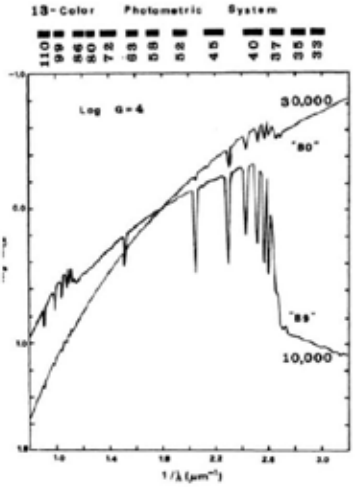
Las observaciones en el sistema de 13 colores se obtienen mediante la utilización de dos fotómetros; (el **fotómetro 8C** y el **fotómetro 6RC)**, y para ello se hace un **traslape con el filtro 58**, común para ambos instrumentos; con esto se logra una calibración adecuada para todas las longitudes de onda.

Los autores y diseñadores del sistema de 13 colores, (Johnson y Mitchell), con objeto de mostrar la utilidad del sistema fotométrico, llevaron a cabo un programa observacional bastante completo (1380 estrellas más brillantes que magnitud visual 5 y declinación mas al NORTE de 20º y estrellas más brillantes que magnitud visual 4 y declinación mas al SUR de 20º), que cubre un gran número de estrellas visibles en el cielo.



Filtros del sistema de 13 colores, comparado con los filtros UBVRI del sistema de Johnson, y con algunas características estelares y atmosféricas.

RESULTADOS BÁSICOS DE LA FOTOMETRÍA DE 13 COLORES



La utilización de los filtros estrechos del sistema de 13 colores, nos permite "distinguir" experimentalmente las propiedades de las estrellas observadas.

Mostramos dos modelos "representativos" de Kurucz (1979), una de las ventajas del sistema de 13 colores nos permite distinguir la distribución de energía para dos estrellas, una B0 con log G = 4 T = 30,000 K y otra tipo B9 con log G = 4 T= 10,000 K, que cubren la muestra de las estrellas observadas en nuestro programa observacional.

Los autores señalan que este sistema puede ser útil para la **estandarización** tanto de otros **sistemas fotométricos**, así como de **sistemas espectro-fotométricos de banda angosta**.

En nuestro programa de observación que iniciamos en el año de 1974, con la participación del colega **William Schuster** del propio IA-UNAM- Ensenada y en particular con los colegas astrónomos franceses **Dominique Ballereau** y **Jacques Chauville** del Observatorio de Paris-Meudon, decidimos **observar un grupo de estrellas B y Be** del catálogo espectroscópico de estas estrellas tempranas que muestran líneas espectrales en emisión y que fue publicado en el año de 1969 por Anne Marie Hubert-Delplace y Henri Hubert (como hemos señalado con anterioridad).

En uno de nuestros trabajos, mostramos los resultados del **comportamiento variable de estrellas Be a lo largo del tiempo** con el sistema fotométrico de 13 colores en la "**magnitud 58**" (filtro 5827 Å), durante el período de 1967 a 1979 observadas por **Álvarez & Schuster (1981),** en este trabajo incluimos también los valores de **Johnson & Mitchell (1975)**, **círculo mediano sobre el eje vertical**

del lado izquierdo, junto con nuestras observaciones de los años 1977-1978-1979, **(pequeños círculos "unidos" por una línea punteada**). Se ejemplifican casos "interesantes" de nuestras observaciones reportadas en el artículo mencionado; *[los cambios en el eje vertical están en décimas de magnitud].* **(JM-1975)** Johnson et al 1967, Mitchell and Johnson 1969, Johnson and Mitchell 1975.

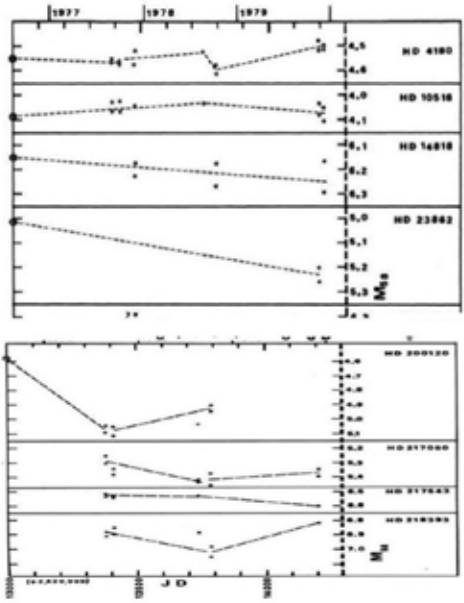
Mostramos una muestra de unas pocas de las 86 estrellas Be[1] observadas en nuestro trabajo, en algunas se aprecian cambios importantes de **largo tiempo**, mientras que en otras se observan **cambios rápidos**; otras de las estrellas observadas **no mostraron cambios** durante el período del estudio que abarcó desde 1977 a 1982 (5 años de observación), como señalamos a continuación; para nuestro estudio, utilizamos observaciones de Johnson y Mitchell reportadas en ***(JM-1975)***

- Las estrellas Be (B con líneas espectrales en emisión), son estrellas masivas y calientes; que tienen atmósferas **extendidas** sujetas a movimientos del material en su interior; esto puede ser la causa de la **variabilidad observada.**
- otras estrellas Be muestran "**variabilidad rápida**" que puede ser causada por "**pulsaciones**" que ocurren en su atmósfera;
- sin embargo, otras estrellas Be **no muestran signos de variabilidad** importante en periodos relativamente grandes de observación,
- Utilizando las mediciones reportadas por Johnson y Mitchell publicadas en 1975, "ampliamos" el período de medición, al considerar un período de tiempo mayor a los tres años de nuestras observaciones

En el reporte de Álvarez & Schuster (1981), de las 86 estrellas observadas,

- **31 de ellas son variables (36%)** en cuando al menos un "color" o "magnitud";
- **36 (42%) de ellas son "posiblemente variables"** y
- **19 (22%) de las estrellas de nuestra muestra no presentan signos de variabilidad**.

1. Las estrellas Be, son estrellas de tipo espectral B que muestra líneas espectrales en emisión de hidrógeno en su espectro



Variación fotométrica de Estrellas Be del programa Alvarez & Schuster (1981). Datos de 1977 a 1979.

Se incluyen los valores de Johnson & Mitchell (1975)

Estrellas HD4180, HD10516 HD14818 HD23862

HD200120 HD217050 HD217543 HD218393

(HD :: Catálogo Henry Draper de estrellas).

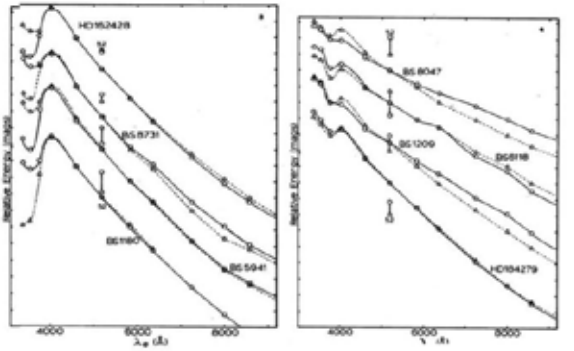
En otro de los trabajos publicados en la Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica del Instituto de Astronomía, sobre estas estrellas B y Be, mostramos la "***distribución relativa de energía***" en función de la longitud de onda para algunas estrellas "**Be frías**" y de otras estrellas "**Be calientes**" como se muestra en las figuras siguientes, donde se aprecia que el "**brinco de Balmer**" en las estrellas "**Be frías**" (lado izquierdo), es importante, mientras que para las estrellas "**Be calientes**" (lado derecho), la **discontinuidad de Balmer** es muy pequeña. En las figuras, se muestra el cambio observado de la magnitud "**M52**" (5183 Å) para cada una de las estrellas.

Estos resultados fueron reportados en la Revista del Instituto de Astronomía..[2].

Para las "estrellas frías", el "salto de Balmer" es claro, mientras que para las "estrellas calientes" la distribución muestra que el "salto" de Balmer casi desaparece, ***efecto que nos permite separar y "agrupar" las distintas estrellas****.*

2. Rev.Mexicana Astron. Astrof., 6, 163-172 (1981) Thirteen Color Photometry of Be Stars. M Alvarez and W. Schuster.

Un gran número de estrellas B y Be observadas en "**espectroscopía**" fueron llevadas a cabo en el **Observatorio de "Haute Provence"** en la región central de Francia (***buen lugar espectroscópico, pero no para observaciones fotométricas, que hacemos en el OAN-SPM en Baja California***).



Distribución relativa de energía para cuatro estrellas "Be frías" (lado izquierdo) HD 162428, BS8731, BS5941 y BS1180 y para cuatro estrellas "Be calientes" (lado derecho) BS 6047, BS6118, BS1209 y HD184279.

"flujo de energía" en los 13 filtros del sistema en función de la longitud de onda

Esta fue una de las motivaciones para iniciar nuestras observaciones fotométricas de estas estrellas tempranas, tratando de comprender su comportamiento, al incluir las variaciones fotométricas que esperábamos observar.

Una lista "incompleta" de algunos artículos y trabajos presentados en este campo de la Astrofísica de Manuel Álvarez y colegas, lo añado como anexo a la presente nota sobre la **bibliografía de Estrellas B y Be**.

INVESTIGACIONES DE ESTRELLAS B y Be.

Reproducimos parte de otro trabajo de Álvarez & Schuster de 1982, quienes reportan sus observaciones de 16 estrellas de las observadas y reportadas por diversos autores y técnicas de observación. Álvarez & Schuster señalan lo siguiente: "Estrellas Be y Estrellas con envolvente (Shell) han sido estudiadas tanto en espectroscopía como en fotometría por varios años. Sin embargo, han sido pocos los trabajos en los que "sistemáticamente" se determinan sus características observacionales generales.

- Hubert-Delplace y Hubert (1979) publicaron un "**Atlas Espectroscópico**" de 148 estrellas en el rango entre **O8 y A2**, desde 1953 al 1976.
- Feinstein y colaboradores (1968, 1970, 1975 y 1979); Ferrer, Jascheck y colegas (1971), han publicado mediciones fotométricas de muchas estrellas Be y Bshell (con envolvente) del hemisferio sur, cubriendo de forma independiente los rangos UV e IR del espectro luminoso.
- Los catálogos fotométricos de Nicolet (1968), y de Morel & Manganet (1968), contienen valores **UBVRI** reportados en la literatura para muchas estrellas Be.
- Más recientemente, Jascheck y colaboradores (1980), hicieron una clasificación de estrellas Be, incluyendo la mejor información en fotometría, espectroscopía y polarización, entre otros reportes.

A partir de 1977, comenzamos una investigación sistemática en fotometría de 13 colores de una lista de 86 estrellas Be y Bshell reportadas por Hubert-Delplace (1976). Estas estrellas son variables espectroscópicas, algunas con cambios grandes tanto en magnitud como en color. Presentamos en este trabajo, los cambios fotométricos mayores a 0.15 mag.

Nuestro programa fue planeado para observar simultáneamente desde el cercano ultraviolete (3300 Å) hasta el cercano infrarrojo (1.1 micras) con el sistema fotométrico de 13 colores, adecuado para el estudio de

estas estrellas jóvenes, calientes y brillantes de acuerdo a varios autores. El **sistema de 13 colores**, utiliza dos fotómetros el **8C (UV, azul, y visual)** y el **6RC (visual, rojo e infrarrojo)**. Además, utilizamos simultáneamente los dos telescopios del observatorio de San Pedro Mártir en Baja California, (**84 cm y 150 cm**.); obtenemos simultáneamente fotometría completa cada noche en el sistema de 13 colores, lo que nos permite detectar y correlacionar los cambios observados tanto en el UV, como en el cercano IR.

Al utilizar los mismos fotómetros del sistema y hacer calibraciones frecuentes, aseguramos la validez y homogeneidad de nuestros resultados. Al mismo tiempo, observamos cuando fue posible, las estrellas estándares azules, como BS 1855 (B0 V) y BS 8622 (O9 V), para calibrar nuestras transformaciones con el sistema de 13 colores. Obtuvimos una buena precisión de nuestras observaciones con errores pequeños, tanto en 8C, como en 6RC para confiar en nuestros valores.

En el trabajo, se reportan diariamente los valores obtenidos para cada una de las 86 estrellas de la muestra, en donde tenemos los resultados obtenidos para los 13 colores; además, incluimos los resultados de Johnson, Mitchell y Latham (1967), Mitchell y Johnson (1969), después de haber hecho las correcciones señaladas por los autores en su trabajo original.

Además, deseamos señalar que mucho del trabajo de observación, investigación y publicación que se hace de este (y muchos otros), trabajos se debe en parte a los ayudantes del propio observatorio; en este trabajo, mencionamos algunos de los principales, entre ellos los siguientes: ***Gaspar Sánchez, Celso Valle, José Manuel Murillo, Rene Murillo, Eduardo López*** del OAN-SPM como asistentes de observación nocturna.

NOTA IMPORTANTE SOBRE LA FOTOMETRÍA DIFERENCIAL

Además de la **Fotometría de Sistema** (como la de 13 colores o la del sistema Johnson), otra manera de hacer fotometría es lo que se conoce como "**fotometría diferencial**" que nos permite medir las **variaciones de corto período** que es muy común en los sistemas y fenómenos astronómicos.

Otro colega francés con quien **Manuel Álvarez** ha participado por muchos años y en múltiples programas variados, tanto científicos como de otro tipo, es el **Dr. Jean Pierre Sareyan** del Observatorio de Niza en Francia, con quien trabajamos en un programa de **variabilidad de corto período** de estrellas tempranas, que incluyen también a muchas de las estrellas B y Be.

PROGRAMA "FOTESI-STEPHI" DE ESTRELLAS VARIABLES DE CORTO PERÍODO "SISMOLOGÍA ESTELAR"

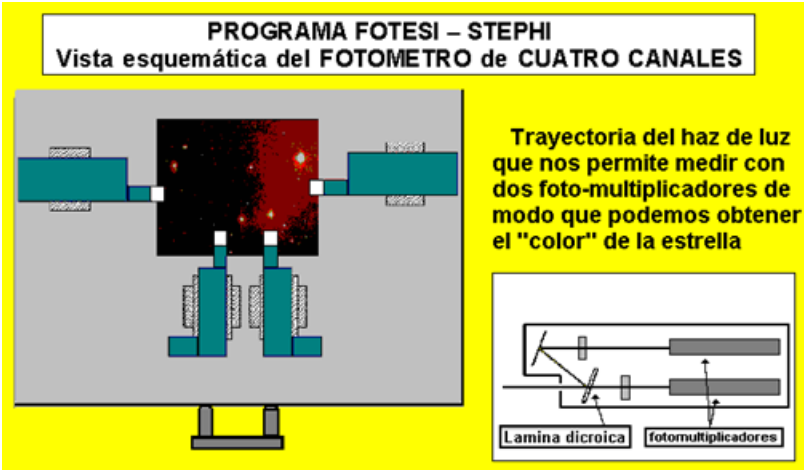
Además, dentro de estos programas de **fotometría diferencial,** iniciamos otro con **astrónomos chinos, franceses, españoles y por supuesto con nuestros colegas mexicanos;** este programa es la **"SISMOLOGÍA ESTELAR"**, que a similitud con la **SISMOLOGÌA TERRESTRE,** requiere efectuar observaciones "**continuas y de mucha precisión**", cosa que podemos desarrollar en el observatorio de **San Pedro Mártir**, junto con una estación de observación cerca **de Beijing, China** y el observatorio **de Pico del Teide en Canarias, España**, este ha sido un programa observacional a **largo plazo** y "**coordinado en longitud**", pues la longitud geográfica de los tres observatorios; es ideal para el programa, los tres observatorios están localizados alrededor de la longitud 30º N como vemos en la figura siguiente: San Pedro Mártir, B.C., México (31° N, 115.5°W); Estación de Observación, Beijing, China (39.5 ° N, 116.2 ° E); Tenerife, Canarias, España (28.2 ° N, 16.4 ° W), podemos observar sin la interrupción diurna-nocturna, pues cuando terminamos de observar en SPM, pasamos la "estafeta" a la estación

china y continúan los astrónomos españoles, logrando la continuidad de 24 horas requeridas.

Nuestra colaboración y trabajo se extendió por más de 15 años en este programa observacional; participamos astrónomos mexicanos, españoles, franceses y chinos observando estrellas "pulsantes" particularmente escogidas para determinar sus frecuencias de pulsación; 14 estrellas pulsantes desde 1987 hasta 1999 y otras 5 estrellas desde 2000 al 2006 en las 15 campañas de observación exitosas que desarrollamos en este programa.

Medimos las estrellas con **períodos cortos de pulsación y pequeña amplitud de variación**, con un instrumento especialmente diseñado por el astrónomo francés, **Dr. Michel CHEVRETON**; mostramos una imagen del fotómetro de 3 o 4 canales que hemos utilizado en los tres observatorios; se escoge un "cúmulo" estelar que contenga una estrella "variable y pulsante" y en su cercanía, una (o dos) estrellas "constantes" que nos servirán como estrellas de comparación.

Anexo como un APÉNDICE la lista de los colaboradores en estos programas de investigación.



Después de montar el fotómetro en el telescopio y hacer los "ajustes" necesarios, procedemos a efectuar la observación.

Los observatorios se encuentran en una zona de los 30^0 de **LATITUD NORTE** y están situados estratégicamente en **LONGITUD** cubriendo 8 horas de diferencia aproximadamente entre cada uno de los observatorios del programa que se encuentran en: 115.5^0 W (SPM, México), 116.2^0 E (Beijing, China) y 16.4^0 W (Tenerife, España). Como se puede apreciar, están localizados para cubrir 24 horas continuas de observación.

Si Iniciamos las observaciones en SPM, México, 8 horas después continuamos con los astrónomos de Beijing, China, para terminar con nuestros colegas del Observatorio de Izaña en Tenerife, España, de modo que cubrimos 24 horas continuas de observación cumpliendo de esta manera nuestro propósito de la campaña.

El procedimiento se repite diariamente logrando observaciones continuas por varios días. Para este programa tenemos temporadas de más de 2 semanas de duración en cada uno de los tres observatorios, con el objeto de cubrir nuestras necesidades y asegurar la continuidad de nuestros planes originales.

Ya hemos logrado en varias ocasiones tener esta buena coordinación, obteniendo magníficos resultados que se reflejan en los reportes y trabajos presentados.

En el mapa, mostramos la posición de los tres observatorios del programa, que como ya hemos dicho, nos permite obtener observaciones "continuas" de 24 horas en los tres observatorios.

En la Red Multisitio FOTESI – STEPHI
trabajamos desde tres observatorios estratégicamente ubicados en
LONGITUD y localizados en la zona de 30 ° de LATITUD NORTE
San Pedro Mártir, B.C., México (31° N, 115.5 ° W):
Estación de Observación, Beijing, China (39.5 ° N, 116.2 ° E);
Tenerife, Canarias, España (28.2 ° N, 16.4 ° W)

En este programa de “SISMOLOGÍA ESTELAR” hemos observado por poco mas de 15 años, con la participación de astrónomos de México, Francia, España y China, cubriendo una lista de las estrellas que mostramos en la tabla con el número de frecuencias medidas para cada una de ellas:

Campañas de observación en el programa FOTESI-STEPHI / desde junio 1987 hasta diciembre 1999

Temp. STEPHI	Fecha Oberv.	Estrellas observadas (magnitud /tipo espectral)	Catálogo HD de estrellas	num. frecs	Período max (horas)	Período min (horas)	amplitud max (mmag)	Referencias principales relacionadas con el programa STEPHI
I	jun-87	63 Her / (6.2 - A8V)	HD 155514	8	6	0.92	7.5	Belmonte *et al.*, 1991
		- / (6.95 - F2V)	HD 155543	§				Belmonte et al., 1990
II	jun-87	GX Peg / (6.3 - A5m)	HD 213534	8	1.49	1.16	1.0	Michel *et al.*, 1992
III	nov-90	V650 Tau / (7.8 - A3V)	HD 23643	4	1.41	0.74	5.6	Suárez J.C.,, *et al.*, 2002, Michel et al., 1997
IV	feb-92	BU Cnc / (7.6 - A7Vn)	HD 73576	6	2.45	1.21	2.9	Belmonte *et al.*, 1994-a
		BN Cnc / (7.8 - A9V)	KD 73763	5	1.05	0.85	2.7	
		KW284 / (6.8 - A9V)	HD 73712	1+1	4.0*	3.39	3.0	Belmonte et al., 1994-b
V	sep-93	VW Ari /. (6.7 - A3)	HD 15165	8	3.85	1.77	22.0	Liu *et al.*, 1996
VI	feb-95	BQ Cnc /. (8.2 - F2Vn)	HD 73729	3	2.03	1.38	2.5	Alvarez *et al.*, 1998
		BW Cnc / (8.5 - FOVn)	HD 73798	9	4.07	0.77	2.4	
VII	feb-96	BS Cnc / (8.6 - A9V)	HD 73450	3	1.55	0.7	6.1	Hernández *et al.*, 1998,a b
		BT Cnc / (6.66 - F0III)	HD 73575	2	3.42	2.45	10.6	
VIII	nov-97	V647 Tau / (8.26 - A7V)	HD 23607	7	1.28	0.63	3.3	Liu Y.Y., *et al.*, 1999
IX	nov-98	V534 Tau / (8.30 - A9V)	HD 23567	9	1.55	0.53	2.1	Li Z.P., *et al.*, 2004
			HD 23628	6	2.2	0.74	1.4	Li Z.P., et al., 2002
X	dic-99	V624 Tau / (8.22 - A7V)	HD 23156	7+2	1.28	0.52	1.5	Fox-Machado *et al.*, 2002
		- / (8.07 - A5V)	HD 23194	2+2	0.72	0.48	2.0	Fox-Machado et al., 2002

* Arentoft *et al.* (1998), encuentra que para la estrella KW 284 HD 73712, el periodo de 4.0 horas (que es un múltiplo exacto de 1 día), desaparece en el ruido.

§ Belmonte y compañeros encuentran que la estrella HD 155543 de tipo espectral F2V, muestra oscila- ciones con periodos alrededor de 5 a 10 minutos como en el Sol

Hemos continuado con el programa de observación y quedan por analizar y reducir los datos de otras temporadas efectuadas en 2001 (HD 107855 y HD 107533), en 2002 (de nuevo V534 Tau) en 2003 (QT Ser) y en 2004 (HD 172365 y HD 172189).

En la tabla "**Campaña de observación desde 1987 a 1999**", presentamos los resultados de las campañas dentro del programa FOTESI-STEPHI en el período señalado.

La campaña continuó hasta el 2005.

La tabla muestra los resultados de 10 de las 15 temporadas que hemos obtenido con buenos resultados; en dicha tabla, mostramos la fecha de observación, las estrellas observadas incluyendo su magnitud y el "tipo espectral" de las mismas, el número de la estrella en el catálogo Henry Draper (HD), las frecuencias observadas, los períodos medidos, así como la amplitud de oscilación máxima observada. Nuestros resultados son publicados en revistas de investigación, como está señalado en dicha tabla; además de presentarlos en reuniones de trabajo y congresos especializados y actividades de divulgación de la astrofísica.

Para el programa FOTESI – STEPHI (Fotometria Estelar Internacional – Stelar Photometry International), haré un resumen de los principales trabajos efectuados durante varios años que llevamos a cabo este programa observacional.

RESULTADOS INTERESANTES DE OTRAS ESTRELLAS / HD 170699

En colaboración con otros grupos de observadores, tanto mexicanos, como de otras instituciones, observamos la **estrella HD170699** y reportamos nuestro trabajo observacional y su análisis, en un congreso de la **XII Reunión Regional Latino-americana de Astronomía de la Unión Astronómica Internacional**, celebrado en la **Isla Margarita en Venezuela**.

También fue publicado en la **Rev.Mex.AA (serie de Conferencias), 35, 148-149 (2009)**, con más de 12 autores de los tres países involucrados en este trabajo, M. Álvarez, J. P. Sareyan, L. Parrao, J. H. Pena, L. Fox-Machado, E. Poretti, S. Martin-Ruiz, P. Amado, R. Garrido, C. Aerts, Z. Csurby, and M. Paparo.

La estrella HD170699 es una estrella no evolucionada tipo **delta-Scuti**, del programa internacional COROT (**CO**nvección, **RO**tación y **T**ránsitos planetarios). El satélite COROT fue lanzado exitosamente el 27 de diciembre del 2006 y es parte de uno de los programas espaciales más exitosos de la astronomía moderna.

Nuestras observaciones fueron efectuadas con **fotometría diferencial estándar** desde varios observatorios terrestres para determinar las propiedades de la estrella variable **HD170699**, cuyas características son **V=6.95**; Tipo espectral **A3**, alta velocidad de rotación **vsen i > 200 km/s** y muestra una **clara variabilidad** de **unas poca milimagnitudes**. Muestro el log de las observaciones durante la campaña del 2005, que incluyen resultados desde el 2002 hasta el 2007.

Se hicieron las observaciones tomando como **estrella de comparación** a las estrellas estándar **HD173369** y **HD166991**. Todas las observaciones fueron hechas con "**fotometría diferencial estándar**" para comparar los resultados, mismos que mostramos para cada uno de los grupos de observadores..[1].

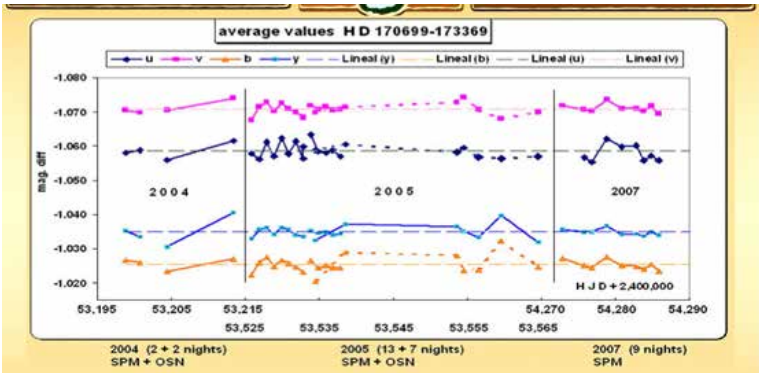
1. **la fotometría diferencial de estrellas variables**, es una técnica que utiliza dos (o más) estrellas "constantes" para comparar las medidas que se hacen y determinar la "periodicidad" de las medidas de la estrella a la que estamos determinando sus propiedades de variabilidad.

HD 170699 – HD 173369
Log of the observations during the campaign

Year	Observatory	Dates	HJD + 2400000	num. nights	Observers
2007	SPM	June, July	54272 to 54285	9	Parrao, Alvarez, Peña, Lester Fox
2005	SPM	June	53525 to 53537	13	Sareyan, Parrao, Alvarez, Peña
2005	MERCATOR	June	53548 to 53560	6	Conny Aerts, Mercator staff, Geneva System
2005	Hungary	July	53581, 53582	2	Margit Paparo, Zolta Csurby (only V)
2005	OSN	June, July	53534 to 53564	7	Susana Martin
2004	OSN	July	53204, 53213	2	Pedro Amado
2004	SPM	July	53189, 53200	2	Ennio Poretti
2002	OSN		52436 (*)	1	Rafael Garrido, Pedro Amado, Ennio Poretti

(*) HD 173369 was the comparison star for the campaign, except during 2002, where HD 166991 was used.

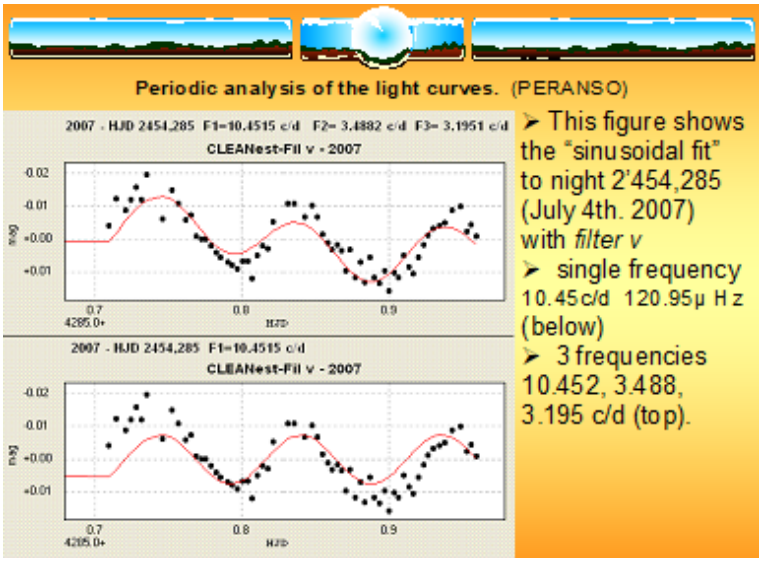
La tabla contiene el año de las observaciones, el observatorio, las fechas de las observaciones, el número de noches observadas en cada período y la lista de los observadores; además, incluimos una gráfica con las observaciones hechas durante la temporada.



There is an arbitrary displacement in the time axis as shown.
We made a vertical adjustment for each one of the observatories.

Podemos ver con claridad que el Observatorio de San Pedro Mártir en Baja California, México es el lugar donde se tiene el período más largo de observación: 24 noches de observación desde SPM, México, 6 noches desde Ginebra, 2 noches desde Hungría, 10 noches desde el Observatorio de Sierra Nevada, Canarias, España.

Nuestro análisis de frecuencias, nos muestra que se requiere una frecuencia principal y cuando menos otras 4 frecuencias para obtener un relativamente buen ajuste con las observaciones, aunque se requiere un mejor cubrimiento de ellas. Muestro el ajuste obtenido con tres y cuatro frecuencias, con el ajuste para cada caso.



Las frecuencias fueron obtenidas por medio de los programas PERIOD4 (Lenz & Breger, 2005) y PERANSO (Vanmuster, 2007), se observa la presencia de una **frecuencia principal de 10.45 c/d con amplitud de 5 y 6 mmag.**

Se requieren otras cuatro frecuencias mas / (**2.46, 3.48, 4.45 y 3.18 c/d)** con **amplitudes** de **2 y 3 mmag**.

La información de que se dispone, no es suficiente para una mejor determinación, por lo que el análisis de esta estrella puede ser un blanco adecuado para mejorarse con las mediciones del **satélite COROT**, con el que se observa de forma continua desde el espacio donde observa **COROT**.

Como señalamos, este trabajo fue presentado en una Reunión Regional Latino-americana de la UAI en la isla venezolana Margarita en el Caribe.

QUÉ SABEMOS DE LA ESTRELLA HD 184279: V1294 Aql.

Otra estrella observada por nosotros (y muchos otros colegas, amigos y colaboradores), es la estrella **HD184279 (V1294 Aql)** .[1]. desde antes de 1967 hasta 1984 (casi 18 años) mostramos los valores de la fotometría (en los sistemas **UBVRI**, de **Geneva**, y en el de **13 colores**) En la misma figura, graficamos las medidas de la **velocidad radial** desde antes de 1976 hasta 1984 (9 años), simultáneas con las medidas fotométricas del sistema de 13 colores.

Apreciamos que existe un "pseudo-periodo" aproximado de 5 años en el comportamiento tanto en fotometría (curva de luz), como en la velocidad radial. Las medidas fotométricas cubren un rango amplio; en la misma figura, mostramos la línea H_{alfa} (6563 Â) en la fecha 45,609.685, coincidente con las medidas espectroscópicas de esa misma fecha y con medidas del sistema de 13 colores.

1. HD184279 (V1294 Aql) es una estrella Be (con líneas espectrales en emisión) B0.5 IV-V con Vsin i = 245 km/s., muestra emisión constante tipo shell de las líneas de Hidrógeno, Helio neutro, Fe III, Ca II, Mg II y en algunos casos de Si II, Ni II y Fe II. La cáscara (Shell) varía en intensidad y velocidad radial. Observaciones de Horn et al. (1982), indican que su período de actividad inició alrededor de 1968 (o un poco antes), después de un tiempo relativamente quieto como una estrella **Be normal** (solo B con líneas en emisión).

ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA ESTRELLA HD 184279

Estos resultados muestran la ventaja de los programas coordinados de **espectroscopía y fotometría**, que permiten conocer más sobre estas estrellas que muestran comportamientos complejos e irregulares.

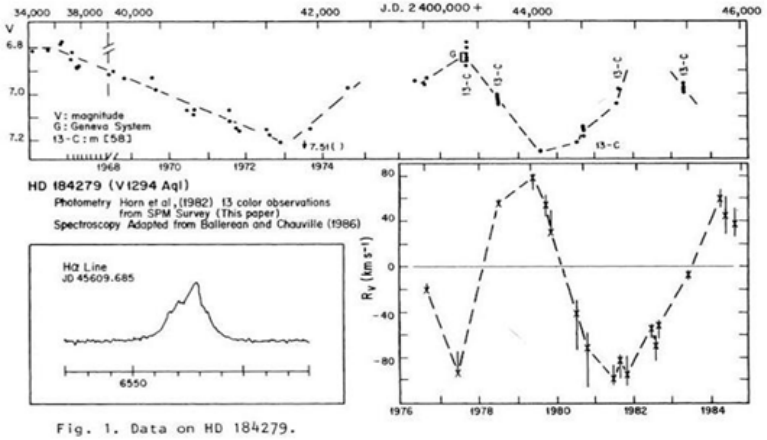


Fig. 1. Data on HD 184279.

Las observaciones en el **filtro V** muestra un mínimo en 1973. Mediciones con los **sistemas G y 13 C**, indican un **valor máximo** poco después de 1977, coincide con un **valor mínimo** en la curva de la **velocidad radial**. Los valores de la **fotometría** disminuyen hasta alcanzar un **valor mínimo** poco antes de 1980, cuando la curva de **vel. radial** alcanza su **valor máximo** de **+80 km/s.** Al mismo tiempo, la curva de la **fotometría** aumenta sus valores, mientras que **disminuyen** los de la **velocidad radial** hasta alcanzar su **valor mínimo** (con **-90 km/s.**) a mediados de 1981, coincidiendo aproximadamente con el **valor máximo de la fotometría** (entre 1982 y 1983). Otro **valor máximo en la velocidad radial** parece ocurrir en **1984-1985**, con valores **fotométricos posiblemente disminuyendo**.

*Las curvas de fotometría **V, Geneva, 13 col** así como de la **velocidad radial (RV)** de varios autores hechas sobre la **estrella HD184279, Be tipo shell,** mostraron que, **en fotometría**, la fase "shell" se inició **en 1968,** después de*

un período más o menos "largo" como estrella Be normal (Horn et al, 1982), sin la contribución tipo "shell";

a) le siguió un decrecimiento marcado en su magnitud hasta 1973;

b) un claro crecimiento hasta 1977 con máximo a mediados del año;

c) una variación pseudo-periódica (de 5 años) tanto en fotometría como en espectroscopía (medidas de la RV), *mostrando una "buena" correlación* ***en fase;***

d) mínimo en la Rv a principio de 1977 mostrando un máximo en la fotometría de 13 col.;

e) la RV alcanza un máximo en 1979, cuando mostraba un mínimo en la fotometría de 13 col*.;*

f) alcanza otro mínimo en la RV a mediados de 1981, con medidas fotométricas aumentando;

g) otras mediciones de RV hecha en julio de 1985, indican que alcanzó un segundo máximo en RV a principio de 1984.

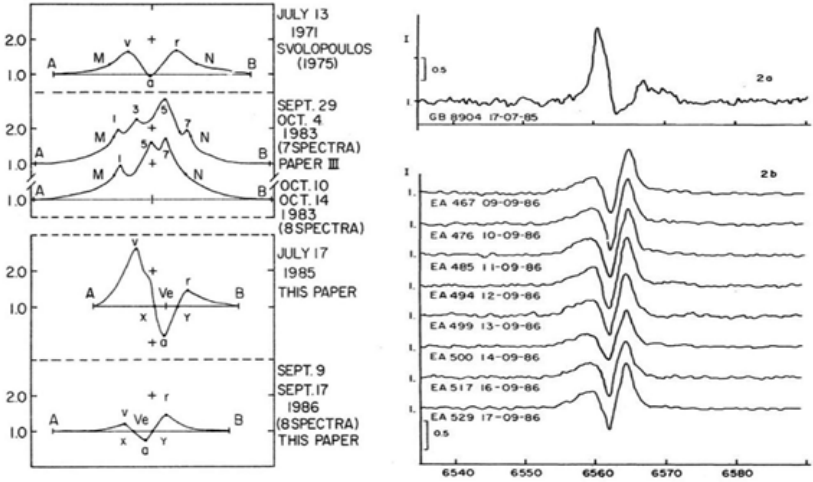
NUEVOS DESCUBRIMIENTOS SOBRE LA ESTRELLA HD184279 (V1294 Aql)

SPECTROSCOPIC PLATES USED

Plate No.	Observatory	Dispersion	Date	JD 2'400,000+	Time Exposure	Emulsion	Observer(s)
GA 700	OHP	20 A/mm	13-07-71	41145.473	120 mn.	103a-F	S.N. Svolopoulos
EA 210 to EA 228	SPM	11 A/mm	28-09-83 to 03-10-83	45606 to 45611	90 mn.	09802	D.Ballereau M.Alvarez (7 spectra)
EA 238 to EA 285	SPM	11 A/mm	09-10-83 to 13-10-83	45617 to 45621	90 mn.	09802	D.Ballereau M.Alvarez (8 spectra)
GB 8904	OHP	12.4 A/mm	17-07-85	46264.478	370 mn.	09802	J.Chauville
EA 467	SPM	11 A/mm	09-09-86	46682.651	70 mn.	09802	
EA 476	—	—	10-09-86	46683.646	70 mn.	—	
EA 485	—	—	11-09-86	46684.648	70 mn.	—	D.Ballereau
EA 494	—	—	12-09-86	46685.652	70 mn.	—	J.Chauville
EA 499	—	—	13-09-86	46686.653	78 mn.	—	M.Alvarez
EA 500	—	—	14-09-86	46687.638	70 mn.	—	J.P.Sareyan
EA 517	—	—	16-09-86	46689.655	60 mn.	—	
EA 529	—	—	17-09-86	46690.635	70 mn.	—	

Esta tabla nos muestra: ***número y tipo de placa fotográfica Observatorio*** *(SPM: San Pedro Mártir, México; OHP Haute Provence, Francia****); Dispersión utilizada, Fecha, Fecha Juliana, Tiempo de exposición, Tipo de la Emulsión Utilizada y Observador(es)***

Nuestros colegas franceses del Observatorio de Meudon, Paris, analizaron las observaciones de esta estrella desde 1983 hasta 1986, donde mostramos varias imágenes de la línea H_{alfa} (6563 Å) con diferentes "dispersiones" (11, 12.4 y 20 Å/mm) con observaciones de Haute Provence y del OAN-SPM, como mostramos en las imágenes siguientes:



Imágenes que muestran los tipos de líneas de H_{alfa} observadas de la estrella HD184279 (V1294 Aql), durante los periodos de observación reportados por Álvarez, Ballereau y Chauville (1990). La línea H_{alfa} en emisión muestra cambios importantes, además de un cambio notable en el perfil total de la **línea H_{alfa}** (AB) en los diagramas.

- pasando de dos picos en emisión simétricos con V/R = 0.98 (Svolopoulos 1975);
- dos series de picos en emisión con variaciones "promedio" diarias

de **7 noches de observación** (sept. 29 a oct. 4 1983) y

- de **8 noches de observación** (10 al 14 de octubre 1983);

Además, (en el lado **derecho de la figura**),

- la **línea H_{alfa}** muestra un perfil "**anti P-Cygni**" en Julio de 1985 y
- el último trazo es el "promedio" de 8 espectros (del 9 al 17 de septiembre 1986) que muestran un perfil **tipo "P-Cygni"** observado en esta línea del hidrógeno;
- También es de notar el **CAMBIO TOTAL** (**AB**) importante de todo el perfil de emisión observado.

El modelo elaborado por los autores sigue las primeras ideas de **Struve** y colaboradores **(1931)**, es decir:

- una **estrella Be es un "disco en rápida rotación" que eyecta masa, en el plano ecuatorial, formando una nube en rotación alrededor de la estrella**.
- La evolución **espacial y temporal** de esa **nube en rotación** también puede mostrar una **serie de líneas de emisión y absorción en el UV, en el visible y en la región IR del espectro** que puede ayudarnos en la elaboración de un **"modelo" adecuado de la estrella**.

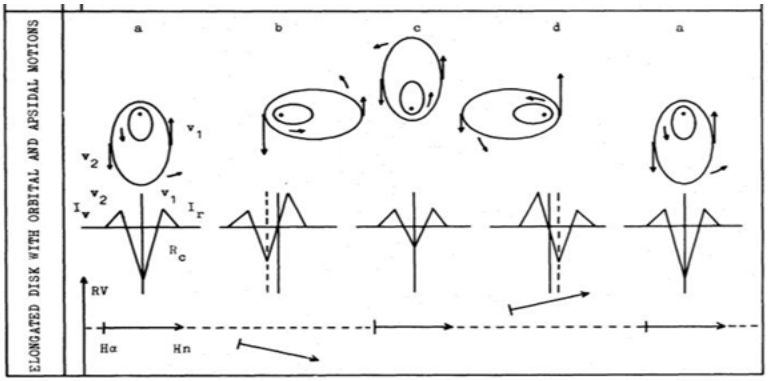
Con la información obtenida y reportada en varios trabajos, los autores elaboraron un **modelo "simple"** para estas estrellas que es el de una **estrella "pulsante" con un disco axisimétrico en rotación** como se ilustra en la figura y que **"reproduce" con buena precisión el comportamiento general** que se observa:

El "observador" está situado viendo hacia la estrella (con envolvente), de modo que **:**

a), se observa una línea en absorción con dos "emisiones" simétricas; cuando la estrella gira (segundan línea);

b), las líneas en emisión se modifican y al girar hasta la nueva posición

c), donde se tiene la línea en emisión, pero con la parte de absorción menos pronunciada y así sucesivamente. (segunda línea) Este es un modelo "simple" que muestra solamente algunos rasgos generales de las observaciones.

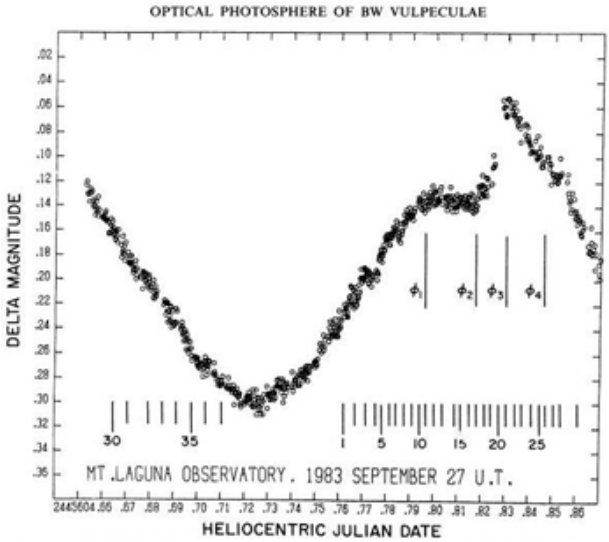


Este "simple" modelo permite tener una idea de las posibilidades que disponemos para la interpretación de nuestras observaciones.

NUEVAS OBSERVACIONES DE LA ESTRELLA BW Vulpecula

BW Vulpeculae (HD 199140) es una estrella **tipo betaCMa** bien estudiada, que fue escogida para darle un seguimiento tanto en fotometría visible (13 col) como en UV, después de darnos cuenta de la presencia de un "**doble pico**" en longitudes de onda a partir del infrarrojo. (que fue detectado apenas en 1984).

Esta estrella fue observada por I. Furenlid, y colaboradores y sus resultados publicados en 1987 (ApJ, 319, 264-274). Mostramos la información reportada por ellos, que muestran una curva con magnífica información puesto que sus datos incluyen **espectroscopía y fotometría** con **alta resolución**, tanto **temporal como espectral**, manteniendo una "alta" señal-ruido. Observaron un grupo de **líneas espectrales "débiles"** que provienen de la **misma región** de donde se observa el "**continuo óptico**" que muestra que esa curva de luz, muestra un "**aplanamiento**" que se produce por una **expansión y contracción** de la **atmósfera estelar** en una **región angosta de su fotósfera estelar** (según los autores en "un 7% del radio estelar").



Esta es la "curva de luz" obtenida en el Observatorio de Mount Laguna en California. Se muestra la info del filtro 'b' que muestra el color 'b' del sistema (ubvy) de fotometría, con una muy buena resolución temporal

Otras observaciones de BW Vul reportadas por Barry et al. 1985, hechas en el IR (2 micras), mostraron un "**doble pico**" en su curva de luz (que NO se observa en otras de las longitudes de onda observadas con el sistema de filtros "anchos" (UBVY).

Observaciones de Barry, Holberg, Forrester, Polidan y Furenlid en 1984, hechas en con el **Voyager 2** en el Ultra Violeta, (desde 912 hasta 1700 Å), muestran que esta estrella presenta un pico de gran amplitud en su curva de luz.

Con esta información, tomamos la decisión de **re-observar BW-Vul** en el observatorio de San Pedro Mártir con el **sistema de 13 colores**, para comprobar la información de su comportamiento en longitudes de onda que van desde el UV (3371 Å) hasta el infrarrojo cercano (11084 Å).

En **agosto de 1984**, desde San Pedro Mártir, hicimos estas observaciones con el sistema de 13 colores y los resultados obtenidos nos permiten comprobar efectivamente, la

presencia de un "doble pico" desde el filtro 45 (4571 Å) y que se hace más notorio en los demás filtros del sistema; en el filtro 80 (8000 Å) es ya bastante pronunciado, comprobando las mediciones en el infrarrojo.

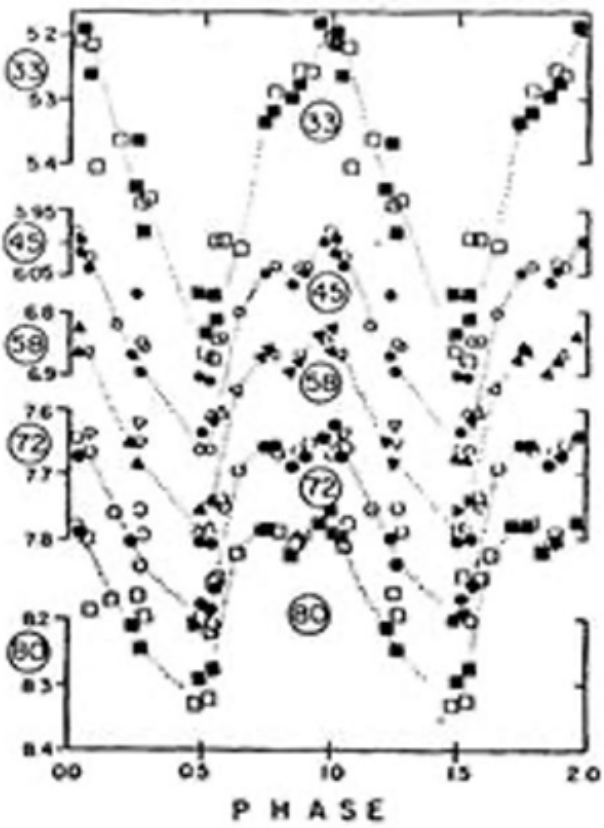
Consideramos que esta estrella hace un "pequeño puf" cada pocos minutos y que no tiene la energía suficiente para expulsar el resto de la atmósfera estelar.

Después de percatarnos de las observaciones de Barry et al (1985) con el sistema UBVRI, quienes reportan que sus medidas en el infrarrojo muestran la presencia de un "**doble pico**" claramente visible en su fotometría en el infrarrojo (2 micras); decidimos observar esta estrella con el sistema de 13 colores, que tiene filtros "rojos" e "infrarrojos "que que puede darnos información interesante, en especial sobre la influencia de la presencia de "polvo" en la nube extendida alrededor de la estrella.

Nuestros resultados nos permiten comprobar que este sistema nos da información adicional, sobre todo en lo referente al "doble pico" observado por los mencionados autores.

El sistema de fotometría de 13 colores cubre desde el UV (filtro '33' (3371 Å) hasta el infrarrojo (filtro '110' (11084 Å). Cubriendo por supuesto, el filtro rojo (filtro '80' (8000 Å), como parte del **fotómetro 8C.**

Mostramos las curvas de luz de la fotometría 8col, obtenida con los filtros '33', '45', '58'. '72', y '80', apreciamos que la magnitud de la estrella en el filtro '33' (UV) es mayor que para los demás filtros. '80' (R); en el visible '33' (3371 Å) las curvas muestran un solo pico; a partir del ***filtro 45*** *(4571 Å) comienza a aparecer un* ***"doble pico"*** *en la curva de luz que ya está muy bien definido en el* ***filtro '80' (8000 Å)****, comprobando los resultados de Barry et al (1985) para las medidas en el infrarrojo.*



Tomamos esos datos y confirmamos con el sistema de 13 col., la información de Barry et al (1985) respecto al “doble pico” observado en BW Vul y nuestras propias observaciones en 13 col. de la estrella en el OAN-SPM, reportamos resultados de gran interés sobre la atmósfera extendida y caliente de la estrella.

Eclipse Total de SOL desde el Volcán Popocatépetl

El **11 de julio de 1991** se produjo un **Eclipse Solar Total**..[1]. Empezó en el océano Pacífico y Hawái, continuó a través de México siguiendo por Centroamérica (Guatemala, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica y Panamá) hasta Sudamérica (Colombia, la región amazónica de Perú y Brasil). Este eclipse tuvo una duración récord en su punto máximo de 7 minutos y 2 segundos.

- A.- Muchas personas escogieron lugares dentro de esta larguísima trayectoria, siendo la Ciudad de México y otras capitales de los países de la trayectoria los lugares preferidos; La Paz, en Baja California Sur fue uno de esos lugares escogidos por astrónomos profesionales y aficionados que, sin lugar a dudas, disfrutaron al máximo de este interesante evento de la naturaleza.
- B.- Un grupo de aficionados, organizados por el Museo de Ciencias de Ensenada, Baja California, se dio cita precisamente en La Paz, BCS, donde obtuvieron sus objetivos planeados con anticipación. Los más de 40 participantes se trasladaron en un autobús de pasajeros, disfrutando tanto del viaje de la península, como de los experimentos que habían planeado con anticipación.
- C.- El astrónomo japonés, Syuso ISOBE del Observatorio Astronómico de Tokio, de la Universidad de Tokio, Japón, y sus colegas astrónomos, tenían la intención de medir con mucha precisión la **luz polarizada** durante **el eclipse total**, para determinar la contribución de las partículas de polvo que rodean la atmósfera del Sol. Para ello, necesitaban observar desde algún lugar "**lo más alto posible**" para tener medidas adecuadas. En otra ocasión lo había intentado utilizando un "globo aerostático", con resultados poco útiles desde el punto científico por efectos de los vientos existentes a gran altitud.

1. https://es.wikipedia.org/wiki/Eclipse_solar_del_11_de_julio_de_1991 Eclipse Solar Total en México, Centro América y Sud-América.

- D.- Yo mismo, como astrónomo-montañista había considerado observar ese eclipse en particular desde la **CIMA del VOLCAN POPOCATEPETL.**[2]., que cumplía con varios requisitos;

Nos pusimos en "contacto" con ayuda de María Elena Jiménez, :: responsable de la Biblioteca del Instituto de Astronomía de la UNAM, Sede Ensenada donde yo desarrollaba mi trabajo de astronomía (en particular la observación de estrellas variables tempranas tipo B y Be), **de inmediato nos pusimos de acuerdo para organizar ese interesante experimento**.

Con mis colegas montañistas, buscamos las mejores opciones para llevar a cabo este propósito astronómico, que requería de un escogido grupo de jóvenes montañistas, quienes nos ayudarían con el transporte del equipo necesario para cubrir el proyecto, además del montaje del campamento de "alta montaña".

Syuso ISOBE nos comunicó sus necesidades científicas que eran en resumen, cuatro medidores de la polarización de la luz de la Corona Solar, con el fin de medir los "**parámetros de Stokes**" de la luz polarizada con **cuatro polarizadores y los instrumentos de medición** (video caseteras); Debíamos de transportar todo desde el "**Refugio de Tlamacas**" (de alta montaña), conocido como "Tlamacas" (a 3,900 metros de altitud), hasta el "labio inferior" del Volcán Popocatépetl (a 5,250 metros de altitud), lo que significaba que subiríamos más de mil metros en "alta montaña"; nosotros los "montañistas" estábamos habituados a esas caminatas, pero los astrónomos japoneses debían de ser "entrenados" y capacitados para ello.

Uno de los colegas "montañistas" es un médico del Seguro Social quien nos apoyó para obtener la autorización de esa institución para hacernos un "chequeo médico" antes de la ascensión, lo que significó, por supuesto, una gran ventaja y seguridad para todo el equipo de montañistas.

Fue así que uno días antes del eclipse (11 de julio), estábamos listos y con MUY BUEN ÁNIMO; de hecho,

2. Volcán Popocatépetl descrito en Wikipedia. https://es.wikipedia.org/wiki/Popocat%C3%A9petl

logramos nuestro objetivo a entera satisfacción; los colegas astrónomos japoneses cumplieron a satisfacción con su entrenamiento físico y todos cumplimos con las tareas que nos habíamos impuesto y finalmente consideramos que esta fue una exitosa experiencia con buenos resultados inclusive científicos, que fueron publicados en revistas con prestigio internacional e inclusive en japonés.

Se hizo una publicación en PASJ // Publications of the Astronomical Society of Japan; también hubo otra publicación en japonés; esta es la nota bibliográfica, donde, además, están los nombres de los colegas japoneses.

1992PASJ...44L.221T Optical polarization observations of the solar corona during the total solar eclipse of 1991 July 11 Tanabe, T.; Tsumuraya, F.; Baba, N.; Álvarez, M.; Noguchi, M.; Isobe, S.

TRÁNSITO DE VENUS

A lo largo del tiempo, la astronomía (ahora la "astrofísica") ha sido una ciencia "experimental" que siempre se ha basado en "**hechos medibles**" y muchas veces **repetitivos o periódicos**; los científicos, utilizando la "**astrometría moderna**",.[1]., encuentran resultados no solo "verificables", sino que pueden ser muy útiles para el avance de esta rama de la ciencia, y/o de la astronomía en general.

Quiero señalar que en el caso de fenómenos diversos como son los "**eclipses solares o lunares**", las "**ocultaciones**" (que pueden ser de estrellas por la Luna, el Sol o por otras estrellas y/o planetas), los **tránsitos** por el Sol y los planetas interiores, (Venus o Mercurio); cada uno de ellos tiene características distintas.

Los "**astrometristas**", calculan con mucha precisión la posición y su movimiento (del Sol, de Venus, de la Tierra y las estrellas); ellos predicen la ocurrencia de los

1. ***Astrometría moderna***" (ver explicación detallada en Wikipedia), por ejemplo https://es.wikipedia.org/wiki/Astr.ometr%C3%ADa

fenómenos como es el caso de un **tránsito de Venus**;.[2]. en particular y aún desde épocas históricas.

Un caso interesante es el de uno de los **primeros Tránsitos de Venus calculado** por Johannes Kepler quien, empleando las "**Tablas Rudolfinas**".[3].; calculó que el **7 de noviembre de 1631**, ocurriría este fenómeno astronómico y aunque Kepler no pudo observarlo pues murió un año antes del Tránsito de 1631 calculado por él (murió en 1630 a los 58 años de edad).

Este Tránsito trató de ser observado desde Paris por el astrónomo y matemático francés Pierre Gassendi, aunque no lo logró pues para el momento del Tránsito, el Sol se encontraba ya abajo del horizonte. Sin embargo, Gassendi si pudo observar un **Tránsito de Mercurio** ocurrido un mes antes, el **7 de noviembre de 1631**; Una interesante descripción de ese intento lo encontramos en la página siguiente: https://web.archive.org/web/20101229210411/http://www.hmnao.com/nao/transit/V_1631/

Hay muchísima información sobre estos temas; resumo aquí lo que presentamos en una reunión del LV **Congreso Nacional de Física** en el 2012 donde señalo la **peculiar periodicidad de 243 años que** tienen estos interesantes fenómenos astronómicos:

> "***Los tránsitos de Venus sobre el Disco del Sol, son eventos que tienen una periodicidad peculiar; esto es, tienen un período de 243 años. Si el primer tránsito de la serie ocurre hoy, el siguiente se presenta 8 años después, el tercer tránsito ocurre 105.5 años después, el cuarto ocurre 8 años más tarde y el quinto tránsito de la secuencia ocurre 121.5 años más tarde, cumpliéndose de esta manera los 243 años mencionados.***

2. Una descripción clara de este interesante fenómeno lo encontramos en el artículo siguiente: https://revistacubanadefisica.org/RCFextradata/Old-Files/2012/Vol29-No2/RCF-29-2-102.pdf
3. "**Tablas rudolfinas**" Las ***Tablas rudolfinas*** o ***rudolfinas*** (su título original en latín es ***Tabulae Rudolphinae***) son una publicación de **Johannes Kepler quien, en 1627**, las publicó junto con un **catálogo estelar** y unas **tablas planetarias**, usando los datos recabados por **Tycho Brahe** en sus observaciones. Kepler las llamó *Rudolfinas* en homenaje al emperador Rodolfo II, bajo cuyo mecenazgo habían trabajado Tycho Brahe y Johannes Kepler.

En el libro "***Memoria relativa a las observaciones del Tránsito de Venus frente al disco solar del 5 de junio de 2012,***.[4]. editada e impresa por el Instituto de Astronomía – sede Ensenada, BC., reportamos, entre otros, los siguientes hechos:

Observación histórica del primer Tránsito de Venus

El astrónomo inglés **Jeremías Horrocks** y su amigo **William Crabtree**, revisaron los cálculos de Kepler y **SI PUDIERON** observar el siguiente **Tránsito de Venus** que ocurrió el 6 de diciembre de 1639; (**ocho años después del primero** predicho por Kepler – el 7 de noviembre de 1631–). Este fue el **primer Tránsito de Venus calculado y observado en la historia**.

Algunas actividades de DIVULGACIÓN

(2 al 5 de junio de 2012).

En esta "Memoria", se relata como un grupo de estudiantes de Posgrado en Astrofísica del Instituto de Astronomía de la UNAM, Campus Ensenada, y estudiantes de Física de la UABC, hicieron un "**recorrido científico**" de la península desde Ensenada hasta San José del Cabo (distancia 1,600 km.); En su reporte dicen:

> Era ya más de la medianoche del 1º de junio de 2012, cuando terminábamos de cargar el vehículo con material didáctico, equipo de observación y las maletas. Durante el viaje, dimos pláticas e información astronómica en escuelas y lugares públicos que habíamos contactado con anterioridad. Llamaron "ASTROBAJA 1000" .[5]. a esta experiencia que, de hecho, fue un éxito en todos sentidos, puesto que **observamos el Tránsito de Venus** en **Ciudad Constitución el 5**

4. "***Memoria relativa a las observaciones del Tránsito de Venus frente al disco solar del 5 de junio de 2012, realizados en la Península de Baja California y otros lugares de México"***, *publicación* editada e impresa por Manuel Álvarez, Marco A. Moreno y Roberto Vázquez del Instituto de Astronomía – sede Ensenada, BC. (2013).

5. ASTROBAJA 1000 Reporte en la Memoria del Tránsito de Venus -pags. 103 a 111- Instituto de Astronomía- sede Ensenada; haciendo referencia al recorrido automovilístico en Baja California "**Baja 1000**"

de junio y participamos con gran entusiasmo en las acciones previstas para este evento.

Deseo comentar sobre la traducción que hicimos Manuel Álvarez y Graciela Albert sobre el ***"Viaje a Baja California para la observación del Tránsito de Venus sobre el Disco del Sol el 3 de junio de 1769"***.[1]. Chappe d'Auteroche hace un largo recorrido saliendo de París el **18 de septiembre de 1768**, llegando al Puerto de Veracruz el **6 de marzo de 1769** (5 meses y medio de travesía) y después de resolver muchas peripecias, llegan a **Tepic, Nayarit** el 15 de abril, para continuar su viaje en un pequeño barquito para cruzar el Golfo de California (Mar Bermejo); Chappe escribe en su "bitácora de viaje": ***"decide intentar cruzar el Mar Bermejo; la decisión la tomó después de conocer las dificultades asociadas con el clima lluvioso, a pesar de la incertidumbre del cruce del Golfo de California"***

Se embarca en la nave "**La Concepción**" el 19 de abril de 1769 y después de casi un mes de travesía, el 19 de mayo, logran vislumbrar la costa de la península, todavía a unas 5 leguas de distancia, (quedando escasos 14 días para el Tránsito previsto para el 3 de junio).

1. ***"Viaje a Baja California para la observación del Tránsito de Venus sobre el Disco del Sol el 3 de junio de 1769"*** Traducción del francés antiguo al español por Manuel Álvarez y Graciela Albert Palacios, Edición del Instituto de Astronomía – Sede Ensenada, 2010.

Logran desembarcar en la desembocadura del arroyo de San José del Cabo y relatan: ***"a pesar de las dificultades y del peligro por las olas provocadas por el continuo vaivén del mar"***

Se encuentran una situación desesperada, pues un tercio de los habitantes del poblado de San José han muerto por una terrible plaga (que resultó ser la **fiebre amarilla**, que por supuesto no tenía cura; es señalada también como enfermedad el "**tifo**", o el "**vómito negro**" incurables en esa época).

Llega el 3 de junio y todos los expedicionarios (**Chappe d'Auteroche, Dubois, Pauly y Noel** y también los dos españoles **Doz y Medina**), logran **observar con éxito** el **Tránsito de Venus** sobre el disco del Sol.

Sin embargo, el 5 de junio enferman Doz, Medina y 11 españoles; y el 7 de junio es el **último día de la bitácora científica de Chappe**, los últimos momentos de Chappe los pasa platicando con Pauly sobre toda la información obtenida (quien, de hecho, es nombrado "albacea" por el propio Chappe).

Es de mucha importancia determinar el tiempo de ocurrencia de las observaciones y para determinar estos tiempos, se mide con mucha exactitud la ocurrencia de los Eclipses de Luna que se observan simultáneamente en otros observatorios (de Europa) y de esa forma, determinar el tiempo del Tránsito con la precisión necesaria.

El 18 de junio es el último Eclipse de Luna observado por Chappe, quien finalmente muere el 1°. de agosto.

Además del abad Chappe d'Auteroche, acompañó a la expedición, el ***Sr Jean Pauly, "ingeniero Geógrafo del Rey", el Sr.*** **Jean Nöel Alexander*, "Dibujante y Pintor de la Academia de Pintura" y el hábil y valiente Sr. J. Dubois, experto relojero"***; a cada uno de ellos se le habían asignado tareas muy importantes en lo que sería el resultado de la expedición completa.

Acompañaron a estos expedicionarios dos marinos y astrónomos españoles, el **Sr. Vicente Doz** y el **Sr. Salvador Medina.** .[2].

Después del éxito obtenido el 3 de junio de 1769, los ansiados documentos de Chappe, llegaron a Francia hasta el final de 1770; ***Pauly****, uno de los sobrevivientes de la expedición, nombrado como "albacea" por el propio Chappe, y* apoyado por el astrónomo novohispano Velázquez de León, (quien se instaló en el rancho "El Dátil", Antiguo Real de Minas para la observación, lugar cercano donde Chappe observó el Tránsito de Venus), *los entrega al astrónomo* ***Cassini de Thury*** *el* ***7 de diciembre de 1770*** *y ese mismo día los deposita en la Academia Real de Ciencias de Paris.*

Los resultados de las mediciones son ***publicados*** *por el* ***astrónomo La Lande el 14 de diciembre de 1770****, es decir,* ***una semana después*** *de que fueron entregados en la Academia,* ***lo que muestra la importancia y trascendencia de este hecho científico****.*

Dominique Cassini*, director del Observatorio de Paris, publica el libro "****Voyage en Californie pour la Observation du Pasaje du Venus sur le Disque du Soleil****" con el relato de Chappe y su bitácora, el 1 de julio de 1772, libro traducido al español y publicado por la UNAM en el 2010; existe también una edición facsimilar de la edición original, publicado en el 2004, por el "Colegio de Sinaloa" y el "Instituto Sudcaliforniano de Cultura.*

El relato de la expedición del astrónomo francés, Chappe d'Auteroche, está lleno de interesantes "aventuras", "anécdotas" y "experiencias" que están bien relatadas en otro libro [traducción del francés antiguo al español moderno] .[3].

2. Observación del **Tránsito de Venus del 3 de junio de 1769**, realizado por el astrónomo francés Jean Baptiste Chappe d'Auteroche, Jean Pauly, Jean Noel Alexander y J. Dubois, así como dos marinos españoles Vicente Doz y Salvador Medina. En esa ocasión, en la misma Península de Baja California, hubo otra expedición novohispana, liderada por Don Joaquín Velázquez de León en el "**Real de Santa Ana**", también en Baja California Sur. En la ciudad de México, los novohispanos Bartolache y Alzate, fueron los responsables de la observación del Tránsito de Venus instalados en la azotea del Edificio de Cabildo de la Ciudad de México.

3. ***"VIAJE A BAJA CALIFORNIA para la observación del TRÁNSITO DE VENUS SOBRE EL DISCO DEL SOL, el 3 de junio de 1769"*** *del Abad Jean Baptiste Chappe d'Auteroche, edición original de 1769 y traducción al español por Manuel Álvarez y*

En el caso de un **TRÁNSITO DE VENUS SOBRE EL DISCO DEL SOL**, quiero comentar el caso de los **tránsitos del planeta Venus frente al disco Solar**, que tienen un período particular como ya mencioné en párrafos anteriores.

Desde la antigüedad, los astrónomos no sólo se preguntaban cuando y como ocurrirían; sino que ya habían logrado "predecir" su ocurrencia y desarrollar métodos para ello; ejemplos de esto lo encontramos con los sabios egipcios, babilónicos, mayas, entre otros.

En el libro "***Memoria relativa a las observaciones del Tránsito de Venus frente al disco solar del 5 de junio de 2012, .***[4]. editada e impresa por el Instituto de Astronomía – sede Ensenada, BC., señalamos que Johannes Kepler calculó y predijo la ocurrencia de un **Tránsito de Venus** para el **7 de diciembre de 1631**. Aunque ese Tránsito no pudo ser observado desde Europa, pues la posición del Sol en el momento del Tránsito, ya se encontraba abajo del horizonte, esa predicción fue el inicio de la "***astrometría moderna****, que se encarga también del desarrollo instrumental necesario para sus mediciones*.

Aunque el Tránsito predicho por Kepler no pudo ser observado, el astrónomo y matemático francés Gassendi si pudo observar el **Tránsito de Mercurio** ocurrido un mes antes, el **7 de noviembre de 1631**; para ello, utilizó las "**tablas rudolfinas.**[5]**.**" elaboradas por el mismo Johannes Kepler y Tycho Brahe.

El astrónomo inglés **Jeremías Horrocks** y su amigo **William Crabtree**, revisaron los cálculos de Kepler y si pudieron observar el siguiente **Tránsito de Venus** que ocurrió el **6 de diciembre de 1639** (ocho años después del predicho por Kepler).

Graciela Albert en junio del 2010.

4. "***Memoria relativa a las observaciones del Tránsito de Venus frente al disco solar del 5 de junio de 2012, realizados en la Península de Baja California y otros lugares de México"****, publicación* editada e impresa por Manuel Álvarez, Marco A. Moreno y Roberto Vázquez del Instituto de Astronomía – sede Ensenada, B.C. (2013).

5. "**Tablas rudolfinas**" Las ***Tablas rudolfinas*** o ***rudolfinas*** (su título original en latín es ***Tabulae Rudolphinae***) son una publicación de **Johannes Kepler de 1627**, consistente en un **catálogo estelar** y unas **tablas planetarias**, usando los datos recabados por **Tycho Brahe** en sus observaciones. Kepler las llamó *Rudolfinas* en homenaje al emperador Rodolfo II, bajo cuyo mecenazgo habían trabajado Tycho Brahe y Johannes Kepler.

En la **Memoria** que mencionamos arriba, se señala que los Mayas (muy buenos conocedores del cielo), probablemente pudieron haber observado otros Tránsitos de Venus en épocas anteriores que dejaron plasmados en códices, murales y otras pinturas y representaciones; y que muestra la importancia que esa cultura tenía sobre los astros y en particular sobre el Planeta Venus y el Sol. En las **Memorias señaladas**, ei astrofísico **Jesús Galindo Trejo** publica el artículo "**La posible observación de Venus realizada por los mayas prehispánicos en Mayapán**", donde propone que en la "pintura mural de Mayapán" en la península de Yucatán, hay "***posible evidencia***" que sugiere la importancia que tuvo Venus a lo largo de la historia y cultura maya.

Además, en esa "Memoria", se relatan los hechos asociados con la experiencia de haber apoyado y realizado el viaje desde la ciudad de **Ensenada hasta la Misión de San José del Cabo**, en Baja California Sur donde en 1769, el abad francés Jean Baptiste Chappe d'Auteroche observó el Tránsito de Venus del 3 de junio de 1769.[6]. desde esa misión del sur de la Península, junto a varios "acompañantes",

El relato de la expedición del astrónomo francés, Chappe d'Auteroche, está lleno de interesantes "aventuras", "anécdotas" y "experiencias" que están bien relatadas en otro libro [traducción del francés antiguo al español moderno] .[7].

Los Tránsitos de Venus frente al Disco del Sol.

Como mencioné más arriba, los "**astrometristas**", pueden calcular con mucha precisión la posición del

6. Observación del **Tránsito de Venus del 3 de junio de 1769**, realizado por el astrónomo francés Jean Baptiste Chappe d'Auteroche, Jean Pauly, Jean Noel Alexander y J. Dubois, así como los españoles Doz y Medina. En esa ocasión, en la misma Península de Baja California, hubo otra expedición novohispana, liderada por Don Joaquín Velázquez de León en el "**Real de Santa Ana**", también en Baja California Sur. En la ciudad de México, los novohispanos Bartolache y Alzate, fueron los responsables de la observación del Tránsito de Venus instalados en la azotea del Edificio de Cabildo de la Ciudad de México.

7. ***"VIAJE A BAJA CALIFORNIA para la observación del TRÁNSITO DE VENUS SOBRE EL DISCO DEL SOL, el 3 de junio de 1769"*** *del Abad Jean Baptiste Chappe d'Auteroche, edición de 1769 y traducción al español por Manuel Álvarez y Graciela Albert (2010).*

Sol, de Venus y la Tierra y calculando su movimiento, pueden predecir cuándo ocurrirán los diversos fenómenos como es el caso de un **tránsito de Venus**; eso es lo que hicieron los astrometristas desde épocas históricas; así es como Kepler, en el Siglo XVII, logró calcular la ocurrencia del Tránsito de Venus del 7 de noviembre de 1631, que fue observado por el astrónomo francés Pierre Gassendi, pues Kepler murió en 1630 a los 58 años de edad, un año antes del Tránsito de 1631 calculado por él. .[8].

Aunque **no señalaré lo que estos famosos astrometristas** lograron en esa época, resumo aquí lo que se conoce respecto a los **Tránsitos de Venus** y que presenté en el **LV Congreso Nacional de Física** en el 2012, donde describo la **periodicidad que** tienen estos interesantes fenómenos astronómicos:

> "***Los tránsitos de Venus sobre el Disco del Sol, son eventos que tienen una periodicidad peculiar con un período de 243 años.***
>
> ***Si el primero de la serie ocurre hoy, el siguiente se presenta 8 años después, el tercero ocurre 105.5 años después, el cuarto 8 años más tarde y el quinto de la secuencia ocurre 121.5 años más tarde, cumpliéndose los 243 años mencionados.***

Los amigos que nos recibieron en San José del Cabo, "**organizaron**" al Sol, a Venus y sobre todo a los Sud-Californianos quienes organizaron además de un magnífico clima, una serie de actividades que fueron una "delicia" para todos los que tuvimos la dicha de participar de diferentes formas; así hubo pláticas para estudiantes, para el público general y todos disfrutamos a plenitud.

En una de las plazas principales de San José del Cabo, instalaron varias placas conmemorativas de este evento. Aquí reproducimos algunas de estas placas que nos permiten "recordar" los gratos momentos que pasamos rememorando estos momentos de gratos recuerdos.

8. Una descripción clara de este interesante fenómeno lo encontramos en el artículo siguiente: https://revistacubanadefisica.org/RCFextradata/OldFiles/2012/Vol29-No2/RCF-29-2-102.pdf

EL H. XI. AYUNTAMIENTO DE LOS CABOS

Grupo Raíces Cabeñas.

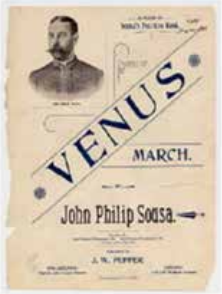
Instituto Astronómico Nacional de la U.N.A.M la Embajada de Francia

Tienen el honor de Invitar a usted y su familia a las actividades a realizarse en conmemoración de la

"Observación del paso de Venus en 1769"

por el astrónomo francés Chappe `Auteroche en San José del Cabo.

https://www.youtube.com/watch?v=-rNQFUqt49Q



John Philip Sousa (Washington, 6 noviembre 1854. 6 marzo 1932), conocido como el **Rey de las marchas**, fue un marino compositor de Estados Unidos, conocido por sus marchas militares.

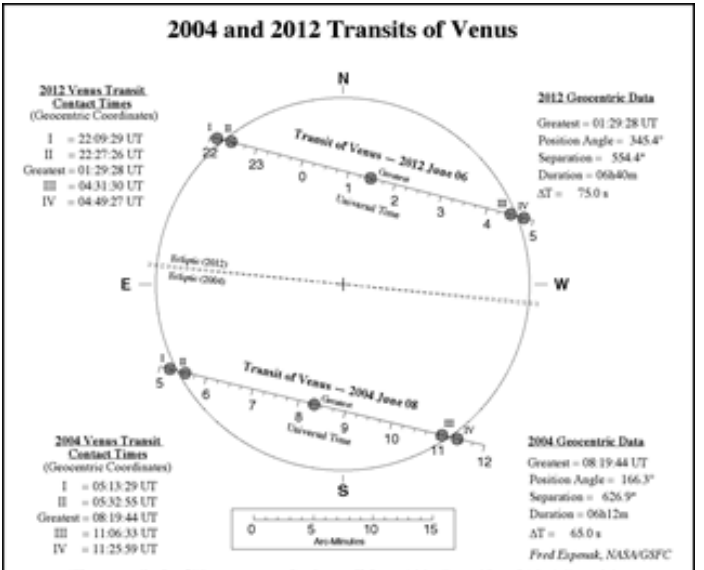


Figure 1 - Path of Venus across the Sun's disk on 2004 June 08 and 2012 June 06

De conformidad con lo predicho por los cálculos de los Tránsitos de Venus, en el siglo 21, hubo dos tránsitos [8 de junio de 2004 y 5 de junio de 2012; 8 años después del primero].

El tránsito de junio del 2004, cruzó el Disco del Sol cerca del limbo inferior, mientras que el de junio del 2012 lo hizo cerca del limbo superior del Sol.

El Tránsito de junio del 2004 pudo ser observado en muchos lugares de la Tierra, (Australia, Europa, inclusive en México (Mayapán, Yucatán).

El tránsito de junio de 2012 también pudo observarse desde muchos lugares de la Tierra, lo mismo que en México, donde se establecieron lugares de observación en Chapa de Mota, EdoMex; en el Castillo de Chapultepec, y en el Museo Universum de C.U.

Otra de mis "aportaciones" fue la participación con un "power point" y dando unas pláticas para dar a conocer el desarrollo y resultados de un impresionante experimento científico y técnico, donde relato las experiencias sobre el "**ACOMETIZAJE**" de la nave **Philae**

y de la sonda espacial **Rosetta'**.[9]. de la Agencia Espacial Europea (**ESA**) 'que, salió el 2 de marzo de 2004 de la estación Kourou en la Guayana Francesa y que voló en el espacio interplanetario hasta alcanzar la superficie del **Cometa 67P / Churyumov-Gerasimenko**.

De manera general, el experimento consistió en alcanzar al Cometa **67P / Churyumov-Gerasimenko** (cometa periódico con un periodo de 6.6 años y que gira alrededor del Sol, en una órbita elíptica a la altura del planeta Júpiter); (impartí la plática en el MUSEO CARACOL, CCC, AC en el 2016).

Para ejecutar su viaje, la sonda espacial recibió varias "**aceleraciones gravitacionales**" al sobrevolar alrededor de los planetas **Tierra y Marte** antes de alcanzar la órbita de Júpiter. (como se muestra en las imágenes siguientes)"

Tuvo también un **período de hibernación** de 2 años y 7 meses, cuando se estaba lejos del Sol (su fuente de energía).

Además, "**sobrevoló**" **dos asteroides** identificados como **Steins y Lutecia** mismos que fueron estudiados en este experimento.

Muestro a continuación, una "**especie de bitácora**" muy resumida del recorrido de Rosetta y Philae en este viaje de poco más de 11 años, que les llevó viajar desde la Tierra hasta el cometa 67P Ch-Ge.

9. La Sonda Espacial ROSETTA fue una sonda espacial europea al cometa periódico **67P/Churyumov-Gerasimenko** cuyo recorrido comenzó el 4 de marzo 2005, tuvo "acercamientos" a la Tierra y Marte que le permitieron acelerarse para cumplir sus objetivos; también fotografió de cerca a los asteroides STEINS el 5 de septiembre de 2008, y el asteroide LUTECIA el 10 de julio de 2010; después de un largo período de 10 años 9 meses, alcanzó la superficie del cometa, donde permanece por "la eternidad".

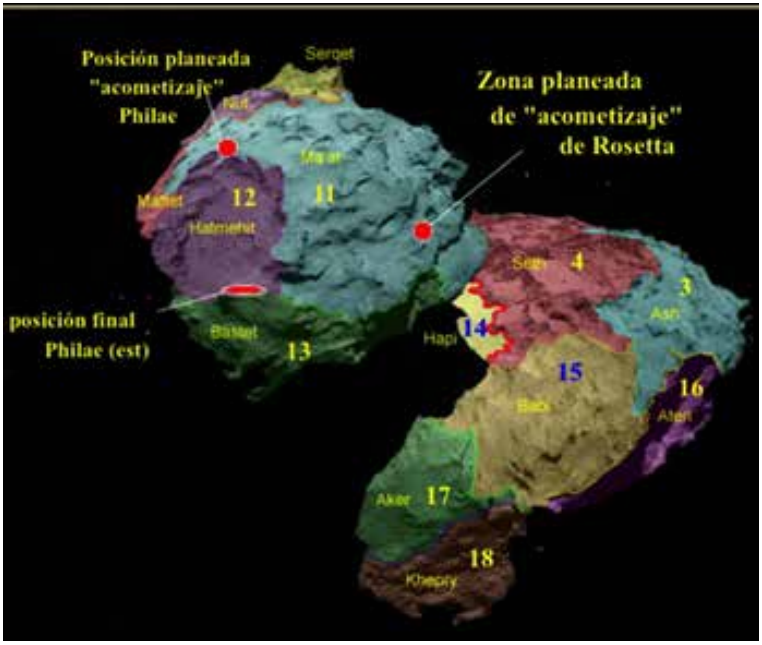


Imagen del Cometa 67P/Ch-Ge con la información obtenida durante el experimento que relato en esta nota

BITACORA RESUMIDA del viaje de Rosetta y Philae.

- El lanzamiento de la Sonda Rosetta fue el 2 de marzo del 2004;
- Un año después, el 4 de marzo de 2005 se acerca por primera vez a la Tierra para una primera "**aceleración gravitacional**";
- en un paso cercano a Marte el 25 de febrero de 2007 (casi tres años después), recibió otra "**aceleración gravitatoria"**;
- se acercó nuevamente a la Tierra el 13 de noviembre del 2007;
- tuvo un "sobrevuelo" al asteroide "**Steins**" el 5 de septiembre de 2008;

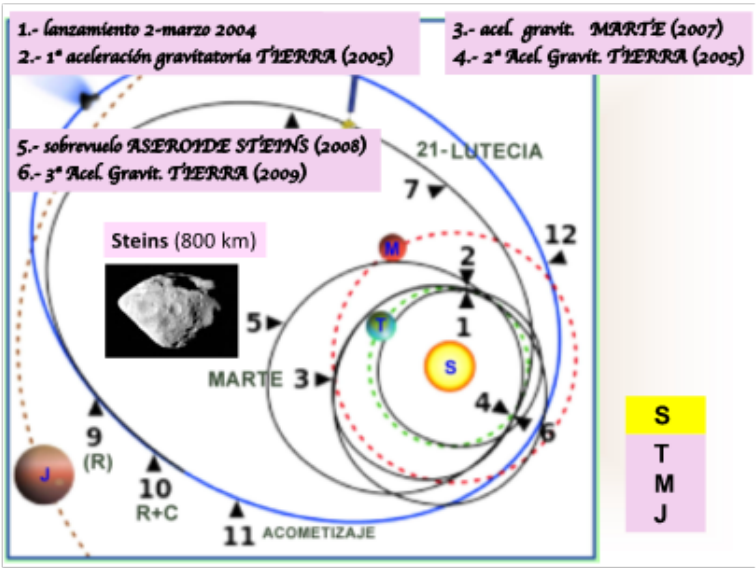
- acercándose de nuevo a la Tierra el 13 de noviembre de 2009;
- tiene otro "sobrevuelo" por el asteroide "**Lutecia**" el 10 de julio de 2010;
- estando muy alejada del Sol, Rosetta tuvo que hibernar por un período de 2 años y siete meses desde junio de 2011 hasta enero del 2014, volando sin tener contacto con la Tierra;
- en enero del 2014, **ejecuta varias "maniobras" para corregir su trayectoria y volar nuevamente en dirección al Cometa 67P / Churyumov-Gerasimenko;**
- continúa su viaje y el 12 de marzo del 2014, la cámara OSIRIS** de Rosetta captó el momento exacto del despertar del cometa, una imagen en la que se ve cómo entran en acción un chorro de explosiones por el incremento progresivo de las temperaturas.
- el 10 de noviembre de 2014 la sonda "**PHYLAE**" (**el acometizador**) se separa de Rosetta para descender hasta la superficie del cometa 67P.
- La duración del viaje hasta este momento es de diez años y nueve meses;
- "Philae" desciende hasta la superficie del cometa 67P haciendo mediciones (incompletas, por una falla al momento de su "acometizaje");
- El experimento concluye hasta diciembre del 2015, con la sonda Rosetta tomando mediciones del cometa y
- Finalmente, la sonda espacial Rosetta se "deposita" más o menos suavemente en la superficie de 67P, quien acompaña a "Philae sobre la superficie del cometa 68P-Churyumov-Gerasimenko.

Recibí otra invitación, esta vez de mi **nieto** / Santiago Álvarez de la Rosa / para que les explicara a sus compañeritos de primaria sobre este hecho astronómico singular, sorprendente y con un gran significado para la ciencia actual.

Creo que fui bien recibido por estos jóvenes de Ciudad Juárez, Chihuahua interesados en la ciencia.

Continúo con algunas imágenes de este interesante (y de gran importancia también) viaje de la nave Rosetta al cometa 67P /Ch-Ge, que fueron presentados en "LA NOCHE DE LAS ESTRELLAS" del 2016.

Trayectoria Sonda Rosetta para alcanzar al cometa 67P/ Ch-Ge. y alcanzar el "GRAN FINAL en septiembre 2016.



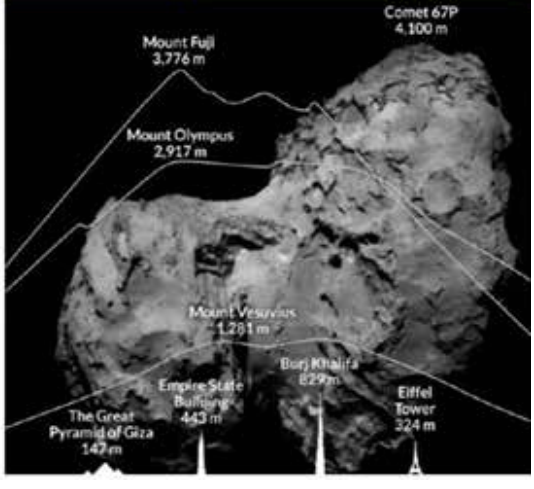
El lanzamiento de la Sonda Rosetta incluía aceleraciones gravitatorias (2 veces con la Tierra ***(1 y 4),*** *1 vez con Marte* ***(3)****; pasó cerca de los asteroides "Steins"****(5)****; "Lutecia"****(21)****; hibernación* ***(8 a 9) (2_años 7 meses)****; acometizaje Philae* ***(11)****; fin de misión (30 sep. 2014); "acometizaje" de Sonda Rosetta y* ***"gran final"*** *(sep.2016)*

Los astrónomos ucranianos Klim Ivánovich Churyúmov y Svetlana Ivánovna Guerasimenko fueron quienes tomaron y analizaron las placas en 1969, descubriendo así el **Cometa periódico número 67**, llamado con sus nombres.

Programa ROSETTA y bitácora del viaje desde el 2 de marzo del 2004, hasta septiembre del 2016.

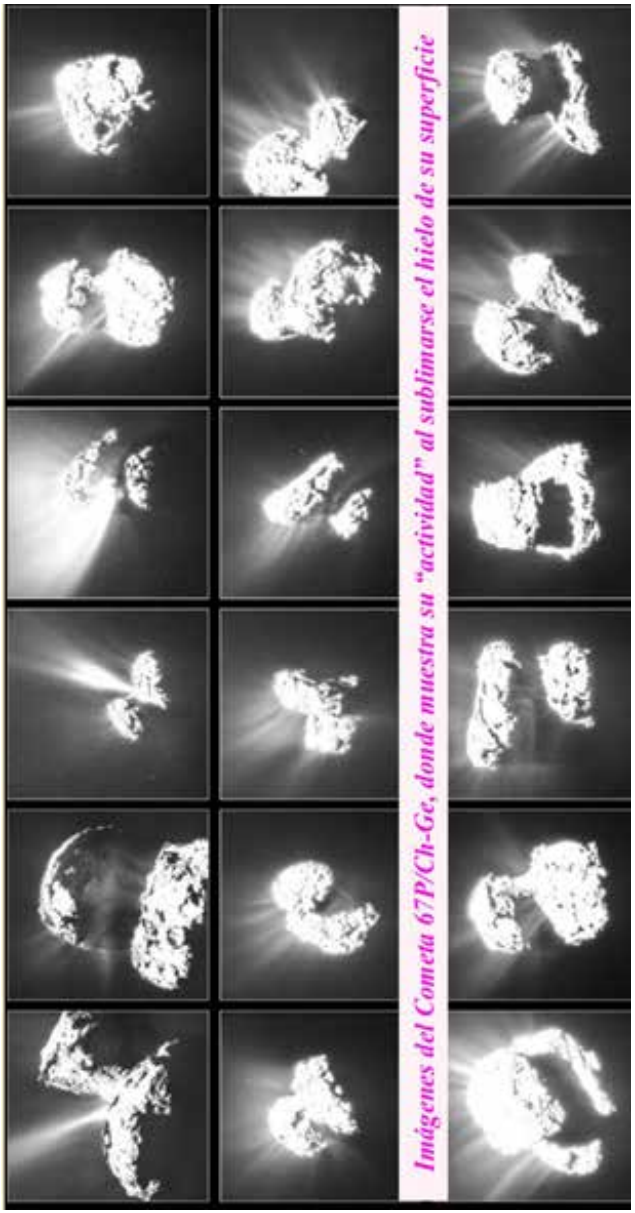
RSI

Comparación de 67P/Ch-Ge con montañas y grandes edificios



Comparación del cometa 67P con montañas de la Tierra; (Vesubio, Olimpo, Fuji).

También con edificios destacados las Pirámides de Guiza, Egipto, edficio Empire State, EEUU, edificio Burj Khalifa, Dubai, la Torre Eiffel, Francia



Imágenes del cometa 67P/ Ch-Ge obtenidas con la nave espacial ROSETTA en diferentes días de su recorrido en el espacio.

Resultados obtenidos de la nave espacial ROSETTA.
Algunos logros obtenidos durante el viaje.

RESULTADOS de ROSETTA

- Un gran éxito de la misión Rosetta fue el llevar a "**PHILAE**" a la superficie de **67P/Ch-Ge**, el **12 de noviembre del 2014**. ***Esta es la primera vez que se obtiene este importante objetivo de la exploración espacial.***
- La secuencia de fotografías del cometa tomadas por Rosetta desde el 31 de enero de al 25 de marzo de 2015 (meses antes de alcanzar el perihelio el 13 de agosto), muestran la gran "actividad" del cometa 67P/Ch-Ge.
- Otro de los logros destacados es reconocer que el **AGUA** que tienen los cometas no parece ser el mismo tipo de agua que existe en la Tierra. La composición del agua en 67P/Ch-Ge, tiene una proporción grande de "**AGUA PESADA**", es decir, está formada por **Deuterio y Oxígeno D_2O**, (en lugar de Hidrógeno y Oxígeno).

- La observación de la superficie del cometa, muestra ***grietas***, **acantilados, extensas llanuras heladas** con grandes y pequeñas "**rocas**" formadas por "**hielo sucio**", acumulación de **polvo** en muchos lugares del cometa. Se observan "**dunas**" y "**cantos rodados**" formados por el viento generado por la actividad del cometa. El polvo que se observa puede tener un papel importante como **aislante** para mantener el **fuerte gradiente** de **temperatura** entre la **superficie y el interior**.
- Además del **agua**, en 67P/Ch-Ge, se encuentra **monóxido de carbono**, **dióxido de carbono**, **amonio**, **metano**, **metanol** a partir de las medidas del instrumento **ROSINA**.

LOGROS DEL EXPERIMENTO

- Probablemente se formó por la unión suave de dos "cometesimales" desde su origen;
- Lóbulo menor de 2.6 x 2.3 x 1.8 km
- Lóbulo mayor de 4.1 x 3.3 x 1.8 km
- Su densidad (470 kg/m3) es menor que el agua y tiene una gran "porosidad" (70-80%)
- Debido a que es posible que haya grandes pedazos de hielo poco cohesionados en el interior.
- Su temperatura exterior oscila entre 205 K (-68 C) y 230 K (‘43C)

Noche de las Estrellas- 2016 – Ensenada, BC
Caracol, Centro Científico y Cultural, AC

Además, la ESA, preparó unos VIDEOS para el público infantil, que mostramos aquí. Espero que puedan disfrutarlos:

VIDEOS INFANTILES DE 67/P CH-GE:: ESA:

Para poder reproducirlos, copiar el nombre del video en una página electrónica y "reproducirlos"

SUERTE

VIDEOS INFANTILES DE 67/P CH-GE: ESA:DURACIÓN

- RosettaAreWeThereYet – Fabulous fables and tales of tails.mp4
- Rosetta ¿Cuándo llegamos.mp4
- Mision Rosseta-Philae en cometa 67P para niños (primera parte) ESA.mp4
- Misión Rosseta-Philae a Cometa 67P explicado para niños (Segunda Parte) ESA.mp4
- Misión Rosseta-Philae a Cometa 67 P explicado para niños (tercera parte) ESA.mp4
- Rosseta y Philae explicado para niños El Acometizaje en 67P Churyumov-Gerasimenko (ESA) 4ta parte.mp4
- A más de un año de la misión Rosetta.mp4
- ¡Misión cumplida!!! Bravo Rosetta y Philae.mp4

CONTENIDO

Mi llegada al OAN-SPM 7
Algunas aclaraciones importantes – Diagrama Hertzprug- Russell 9
Como llamamos los astrónomos a los astros recién descubiertos 11
Estrellas Brillantes 12
¿Qué es el Sol? 15
Variabilidad de la Actividad Magnética Solar 17
Sonda Solar Parker (Cronología) 21
Descripción de la Sonda Solar Parker 24
Descripción del Experimento y Resumen 27
Funcionamiento de la Sonda Solar PARKER 28
Instrumentos de la Sonda Solar Parker 29
Grupo y Descripción Gráfica del Instrumento ISOIS 33
Resumen de los Experimentos con la Sonda Solar PARKER 34
Los Perihelios de la Sonda Solar PARKER 38
Mi paso por CU, Universidad de Colorado, Boulder, EEUU, Fac. Ciencias Marinas de la UABC 39
Fotometría de Estrellas Variables del Tipo Be 42
Aspectos Relevantes de mi Investigación Científica 44
Fotometría de 13 colores / Resultados Básicos 47
Investigación de estrellas B y Be 51
Programa FOTESI-STREPHI / SISMOLOGÍA ESTELAR 53
Resultados Experimentales del Programa FOTESI/ STEPHI 56
Resultados Interesantes de Otras Estrella – HD170699 58
Que sabemos de la Estrella HD184279 – V1294 Aql 61
Nuevos Descubrimientos sobre la estrella HD184279 63
Nuevas Observaciones de la estrella BW Vulpeculae 66

Eclipse Solar desde la cima del Popocatépetl 70
Tránsito de Venus frente al Disco del Sol 72
Observación Histórica del Primer Tránsito de Venus 74
Recorrido "Científico" de estudiantes de Ensenada Actividades de Divulgación (2 al 5 de junio de 2012) 74
Remembranza del Tránsito de Venus en San José del Cabo 75
Breve recuento de la observación de Chappe d'Auteroche el 3 de junio de 1769 – (Viaje de Chappe d'Auteroche 75
Los Tránsitos de Venus frente al Disco del Sol 79
"Acometizaje"de Rosetta y Philae sobre el Cometa 67P/ Ch-Ge 82
Bitácora resumida del viaje de Rosetta y Philae 84
Trayectoria de la Sonda Rosetta para alcanzar al Cometa 86
Descubridores del Cometa 67P/Ch-Ge 87
Programa Roseta y bitácora (3 marzo 2004 a septiembre 2016) 88
Comparación del Cometa con montañas de la Tierra 89
Imágenes del Cometa 67P/Ch-Ge durante la observación 90
Videos infantiles del viaje de Rosetta y Philae al cometa 92

Mis aportaciones al OAN-SPM.

Mi relato acerca de mis actividades y trabajo
en el Observatorio Astronómico Nacional
Instituto de Astronomía - Ensenada
Universidad Nacional Autónoma de México
en la Sierra de San Pedro Mártir,
Ensenada, Baja California.

M.C. Manuel Álvarez Pérez-Duarte

se terminó de imprimir en Septiembre de 2024,
su tiraje es una edición especial de 300 ejemplares.

Impreso en:

IMPRESORA DEL NOROESTE

Calle 9a., 718-1, Col. Bustamante, Ensenada, B. C., México.
Tel. 646 176.35.08 • WA 646 183.80.95
impnor@gmail.com

Me involucré en la **ciencia y su desarrollo**, aprendiendo las técnicas de la **difusión** y la **divulgaciôn científica** y por fortuna, me encontré a personas valiosas quienes hacían su trabajo con dedicación y verdadero amor por lo que conocían y desarrollaban, buscando y sobre todo logrando, su propósito de manera concreta y dedicada.

En este libro, cubro agunas **acciones concretas** de lo que me ha interesado durante mi carrera como académico, en donde brevemente trato de hablar sobre **temas interersantes** en si mismos, como son el **SOL** y sus **descubrimientos**; la **Corona Solar**, en especial hablo sobre la **Sonda Solar Parker** que estudia la **Corona Solar** y la **superficie del Sol**, a la què se acerca mucho a ella, utilizando la **asistencia gravitacional** con el planeta Venus; aunque hemos aprendido mucho, aun queda mucho mas por conocer; en el proceso aprendemos que hay muchas mas cosas novedosas que ni siquiera imaginábamos.

También aparecen **temas históricos** como son los **Tránsitos de planetas** como **Venus y Mercurio**; como se calcularon los primeros y como fueron observados y el esfuerzo de los profesionales y entusiastas aficionados quienes aportan su **saber e inteligencia** junto a su **espíritu de aventura** y nuevos conocimientos que nos llevan a resultados cada vez más sorprendentes

También muestro como encontramos novedades al estudiar las **estrellas variables** que manifiestan cambios debidos a las **pulsaciones** que se observan en diferentes tipos de ellas; tratamos de comprender los **mecanismos físicos** que provocan estas variaciones observadas.

Aunque no lo menciono en el texto, sin duda la **propia experiencia** de mi formación, no solo académica, sino de juventud me ha permitido relatar lo que he hecho, logrado y aspiro a seguir disfrutamdo en mis **acciones concretas**.

Mis Aportaciones al OAN-SPM
Manuel Álvarez Pérez Duarte

FOTO DE FONDO:
https://unsplash.com